



SCANNERS INTRAORALES EN REHABILITACIÓN ORAL

Monografía
Requisito para optar al
Título de Especialista en
Rehabilitación Oral

Residentes:

**Dra. Martha Aro Marcano.
Dra. Paulina Vargas Díaz.**

Director del Programa:

Prof. Dr. Ramón Madariaga Fuentes.

Valparaíso – Chile 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente, que nos dio la vida, guió mis pasos y me dio la salud, sabiduría y fuerza que necesitaba para siempre perseverar a pesar de las adversidades y así lograr la meta planteada.

A mis padres Melvin y Emilia, que con mucho esfuerzo y sacrificio han apoyado e incentivado mis sueños desde que nací y las palabras de aliento que nunca faltaron cuando más fueron necesarias.

A mis hermanos Mauricio y Antonio que han estado siempre ahí para motivarme en días buenos y días malos.

A mis amigos, Stephanie, Isael, Laura, Paulina y César, por el ánimo, la compañía (a pesar de la distancia), el apoyo incondicional y los grandes recuerdos que ayudaron a no desvanecer en el camino.

Por último pero no menos importante, a mi alma máter, UGMA por ser parte fundamental de mi desarrollo y formación académica. A los docentes de pregrado y ahora postgrado, gracias a ellos poco a poco he ido creciendo y aumentando mis conocimientos y continuo de aprendizaje.

Martha Aro Marcano

A mi familia por su apoyo incondicional y a toda prueba, en especial a mi mamá y hermanos quienes siempre estuvieron ahí cuando los necesité. Gracias por darme la tranquilidad y las alas para asumir este desafío.

A mis amigos, por el inmenso cariño que me entregan, por creer en mí y por estar cerca cuando los necesité.

A Martha y César por ser los mejores compañeros de Especialidad que pude pedir, gracias infinitas por la contención, ayuda, cariño, estudio y aventuras que durante estos dos años compartimos.

Y a ti mi pequeño Gaspi por ser mi motor, la luz de mi vida y mi razón para ser cada día mejor. Eres el más grande regalo que me ha entregado la vida.

Paulina Vargas Díaz

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	3
OBJETIVOS	40
METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	41
RESULTADOS	44
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES.....	51
SUGERENCIAS	52
RESUMEN	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 20 años, la tecnología en general ha evolucionado de una manera tan vertiginosa, que muchos de los productos que actualmente usamos en nuestro diario vivir eran impensados. Esto es particularmente cierto al analizar las tecnologías de la información, donde hemos visto la aparición y el desarrollo de notebooks, netbooks, tablets y los teléfonos inteligentes o smartphones, los cuales han transformado completamente la forma en que nos comunicamos, rompiendo las barreras de tiempo y distancia que antiguamente impedían la comunicación y conexión inmediata con personas en otros lugares del país o del mundo.

Actualmente el aporte de la tecnología es fundamental en todas las áreas de la vida, pero imprescindible en lo que respecta a la medicina. Debiese existir una interrelación entre medicina y tecnología, ya que el manejo de los equipos médicos de alta complejidad es parte de los avances tecnológicos que se han venido efectuando a través del tiempo.

El desarrollo tecnológico ha propiciado un cambio asombroso en la medicina; su avance ha permitido conocer infinidad de procesos que explican el porqué de muchas enfermedades, de eventos que ocurren en el organismo humano y de las consecuencias de relacionarse con su entorno, sin embargo, estas tecnologías avanzan a un paso tan rápido que para quienes nos dedicamos a utilizarlas, cuesta mantenerse al corriente de su aparición y utilidades, sin tener en cuenta la experiencia directa con ellas.

En el área odontológica, no hemos estado ajenos a estos cambios. La tecnología ha modificado la forma en que la consulta dental se comunica con los pacientes, mantiene sus registros y controla sus finanzas, así como la manera en que el paciente recibe el tratamiento.

Con la introducción de estas nuevas tecnologías de la información y la comunicación, es imprescindible que el odontólogo adopte estrategias que se adapten a los nuevos tiempos tecnológicos. Esta adaptación implica hacer ajustes, adquirir nuevos componentes o equipos, cambiar procedimientos o tratamientos, aplicar nuevas técnicas, disponer de nuevos conocimientos y, además, contar con el personal capacitado para usar las nuevas tecnologías dentales (Lo Russo & Salamini, 2017).

Las tecnologías digitales actuales, entre sus tantos usos, tienen una importante aplicación en ortodoncia, rehabilitación y odontología restauradora. En ortodoncia, las impresiones digitales guían la colocación del bracket en función de la planificación virtual del movimiento dental y la tecnología CAD/CAM produce arcos y alineadores de plástico personalizados. En Implantología, los escaneos digitales en combinación con las tecnologías CAD/CAM se utilizan para obtener información respecto al diámetro y posición del implante a utilizar, así como el diseño del pilar y el perfil de emergencia. En

prótesis, un estudio reciente ha demostrado el potencial de usar tecnología CAD/CAM para fabricar dentaduras completas entre otros usos (Lo Russo & Salamini, 2017).

El continuo desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías computacionales está revolucionando el desarrollo de la profesión odontológica a nivel mundial. La aplicación de sistemas CAD/CAM en el diagnóstico, planificación y ejecución de diversos tratamientos odontológicos ha permitido una optimización de los resultados terapéuticos, haciéndolos más rápidos, rentables y predecibles.

En Chile, no estamos ajenos a esta realidad y hemos visto como paulatinamente nuestra profesión ha ido incorporándose a esta tendencia mundial, es más se estima que las técnicas de impresión digitales pueden y reemplazarán a la toma convencional de impresiones, ya que la precisión de los sistemas de scanner intraoral requerida para lograr rehabilitaciones orales exitosas, ya ha sido demostrada clínicamente en varios estudios científicos (Zimmermann y cols., 2015).

Ya que las impresiones digitales intraorales están en la actualidad ampliamente disponibles, la presente revisión tiene relevancia clínica al proporcionar asistencia en la toma de decisiones, entregando una visión general de la literatura disponible, que permita conocer cómo funcionan los sistemas de scanner intraoral, cuáles son sus beneficios, como el almacenamiento de archivos o la capacidad de unir digitalmente impresiones parciales, y sus limitaciones, como la constante necesidad de actualizaciones de sus sistemas. Por último, investigar si la fabricación de coronas cerámicas unitarias, obtenidas tras una impresión digital tienen igual ajuste marginal e interno que las coronas fabricadas tras toma de impresiones convencionales y la diferencia en el tiempo de cada procedimiento.

II. MARCO TEÓRICO

Realizar una impresión dental precisa es uno de los procedimientos más esenciales y consumidores de tiempo en la práctica dental, en especial para quienes se dedican a la Rehabilitación Oral. Durante este procedimiento, es crucial garantizar la reproducción de las condiciones intraorales con la mayor precisión posible, ya que los errores o imprecisiones pueden tener consecuencias de gran alcance en la calidad de la restauración final (Patzelt y cols., 2014). Incluso, a pesar de los avances en las propiedades de los materiales de impresión actuales (por ejemplo, mejor sabor, menor tiempo de fraguado, gran reproducción de detalles), la toma de impresión todavía se considera incómoda para el paciente y requiere de mucho tiempo al clínico.

El Glosario de Términos Prostodónticos (2017), define a la Técnica de Impresión como: “Método y manera usada para hacer un registro negativo semejante”. Por lo tanto, lo que se desea lograr es la mayor exactitud en el registro negativo de las preparaciones que se hicieron en boca y sus estructuras vecinas, considerando la diferencia de resiliencias entre las estructuras intraorales.

Se considera que una impresión es fiable para poder construir una prótesis a partir de ella cuando reúne las siguientes características y requisitos (Pradíes, 2012):

- Extensión adecuada. Debe contener todas las estructuras necesarias para la correcta realización de la prótesis.
- Estar centrada en su cubeta.
- La cubeta no debe verse en ninguna de las áreas de impresión, excepto en los topes de los tejidos.
- Ser una reproducción exacta de los dientes pilares y adyacentes, así como de los tejidos blandos circundantes.
- Tener una superficie lisa y uniforme, para ello es necesario una correcta mezcla y presión del material de impresión.
- Ser estable dimensionalmente.
- Tener un espesor de material uniforme.

En la actualidad existen muchas técnicas de impresión, las cuales se seleccionan según el estudio del caso y de lo que se necesite lograr, sin embargo, a medida que pasan los años, la odontología continúa buscando la manera de obtener un modelo que tenga la mayor exactitud posible, para reducir al mínimo los posibles errores o defectos.

Así como existen variadas técnicas de impresión, también existen en el mercado múltiples materiales de impresión, los cuales pueden ser clasificados de acuerdo a su composición, reacción o propiedades, pero la manera más común y sencilla, es ordenarlos en base a las características que adquieren después ser usados, clasificándose así en dos grandes grupos (Punj y cols., 2017):

- *Materiales de impresión convencionales*: donde los más utilizados son los hidrocoloides irreversibles, polivinilsiloxanos (PVS) y poliéteres.
- *Materiales de impresión digitales*: aún están en desarrollo y actualización permanente. (Tabla I).

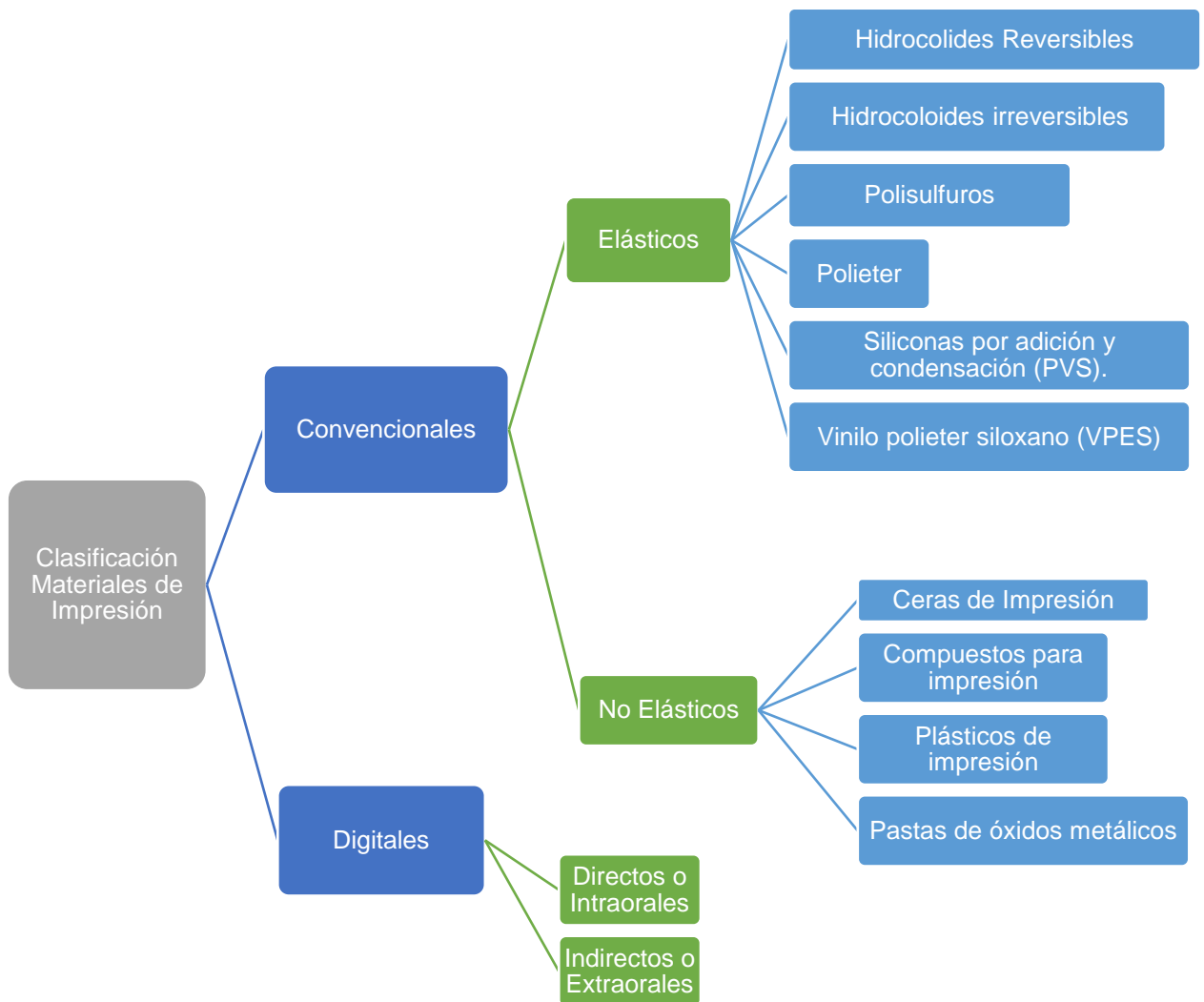


Tabla. I Clasificación de los Materiales de Impresión (Punj y cols. 2017)

II.1 Materiales de Impresión Convencionales

Perspectiva Histórica

A mediados del siglo XVII, un cirujano militar alemán, Gottfried Purman, registró referencias para realizar impresiones en cera para reproducir partes de mandíbulas y dientes. Luego, en el siglo XVIII, aparecieron reportes de una técnica de impresión que consistía en presionar un pedazo de hueso o marfil en los tejidos orales pintados con un material colorante para luego tallar la superficie apropiada en el sillón. Philip Pfaff en 1756, fue el primero en crear una impresión de una mandíbula edéntula con dos piezas de cera y luego unir las y vaciarlas con yeso de París. Otros materiales de impresión utilizados fueron la pasta zinquenólica, aunque sus aplicaciones fueron limitadas por su incapacidad para superar los recortes sin deformarse o fracturarse.

Los hidrocoloides reversibles se introdujeron en 1925, seguidos por los hidrocoloides irreversibles disponibles a partir de 1941. La desventaja de los hidrocoloides es la contracción causada por la pérdida de agua, que conduce a la falta de precisión. En 1953, se usó polisulfuro como material de impresión junto con siliconas de reacción de condensación, pero ambos mostraban una contracción significativa durante un período de varias horas, principalmente debido a la evaporación de subproductos de bajo peso molecular. Ya en 1960, se propuso el poliéter como un polímero alternativo debido a sus propiedades mecánicas mejoradas y baja contracción, pero no fue hasta la década de 1970, cuando el polivinil siloxano (PVS) apareció en el mercado y se hizo muy popular, en parte debido a su alta estabilidad dimensional.

En la actualidad, por lo general para realizar impresiones en prótesis fija, ya sea dento o implantosoportada, se utilizan materiales que permiten una alta reproducción de detalles, como las siliconas por adición, por condensación y poliéteres, pero en general, se deben considerar otra serie de propiedades que permitan la elección del material más adecuado según el objetivo deseado.

A. Definición De Detalle.

Capacidad de un material de impresión para registrar con exactitud la morfología de la estructura anatómica que se intenta reproducir. Según la ADA, en su especificación número 19, un material de impresión debe reproducir detalles de 25 micras o menos. Por otro lado, el ajuste aceptado de una restauración indirecta en clínica es de 50-100 micras. Se debe tener en cuenta que el material de vaciado sólo aporta una precisión de unas 50 micras (Donovan y cols., 2004).

En los materiales de impresión, cuanto mayor es la viscosidad, menor capacidad de reproducir el detalle. Las siliconas pesadas de gran densidad, por sí mismas, sólo logran registrar 75 micras de detalle (Díaz-Romeral y cols., 2007).

El material de impresión que mejor definición de detalle ha demostrado, hasta ahora, son las siliconas de adición, sin que haya diferencias clínicas significativas con respecto a otros materiales (Ragain y cols., 2000).

B. Recuperación Elástica.

Es la capacidad de un material de recuperar su forma original tras la deformación sufrida durante la desinserción de la cubeta (por ingreso del material de impresión en zonas retentivas).

Las siliconas de adición logran una recuperación elástica en un 99,8% frente a valores menores de otros materiales. Por ese motivo es el mejor material para realizar “dobles vaciados” (Donovan y cols., 2004).

C. Estabilidad Dimensional.

Es la capacidad de un material para mantener su forma y dimensiones a lo largo del tiempo.

Las siliconas de condensación liberan alcohol etílico como producto colateral al polimerizar. Al perder subproductos se alteran las dimensiones del material. Esta pérdida de alcohol se produce en mayor medida durante la primera media hora tras la polimerización, por lo tanto, para que el material se mantenga estable en sus dimensiones debe ser vaciado como máximo en 30 minutos (Mallat-Desplats.2001 y Mallat-Callís. 2007).

Las siliconas de adición no liberan co-productos de polimerización, por lo que se puede vaciar inmediatamente o se puede demorar su vaciado. Algunos autores aconsejan realizar el vaciado inmediatamente. Sin embargo, se aconseja esperar 30–60 min debido a que se produce una liberación de hidrógeno mínima (Punj y cols., 2017) que podría afectar a la calidad de la superficie del modelo de yeso.

Los poliéteres son materiales con afinidad hacia el agua y, en consecuencia, pueden absorberla del ambiente. Por ello, se aconseja vaciar antes de 1 hora cuando se toma una impresión con este material.

El alginato está compuesto en un 80% por agua. Puede absorber agua por imbibición o perderla por sinéresis o evaporación. En este caso, si varía la cantidad de agua puede sufrir variación de estabilidad dimensional, por tanto, se aconseja realizar el vaciado antes de 10 minutos y no cubrirlo con servilletas húmedas (Mallat-Desplats, 2001 y Mallat-Callís, 2007).

Además, los distintos materiales de impresión y vaciado al reaccionar sufren, en mayor o menor grado, variación volumétrica que puede afectar a las dimensiones finales del modelo y, por ende, al ajuste final de la restauración:

- Los materiales de impresión sufren reacción de polimerización, por lo cual contraen hacia la cubeta (modelo más grande).
- El material de vaciado expande en dirección a la cubeta, sumándose así los errores de tamaño.

El resultado de las variaciones volumétricas es un modelo de trabajo ligeramente más grande que en el paciente, lo cual facilita posteriormente la entrada de la restauración indirecta sobre la preparación (Díaz-Romeral y cols., 2007).

D. Fluidez.

La necesidad de fluidez hace que muchos materiales tengan distintas viscosidades que pueden ser complementadas.

La mayor densidad se corresponde con la silicona denominada putty o pesada; de gran densidad, aumentando la fluidez aparecen las siliconas de densidad medianas y las de mayor fluidez son las silicona fluida o light body y la extrafluida o extra light body.

En general, a mayor fluidez hay una mejor reproducción del detalle, pero también una mayor contracción de polimerización. Por ello, se debe emplear la menor cantidad posible de material de alta fluidez para lograr gran definición de detalle y poca contracción de polimerización (Hamalian y cols., 2011).

Las siliconas en general, se caracterizan por presentar tixotropía, propiedad por la cual un material tiene una densidad suficiente para quedar en el sitio donde se ha aplicado, pero aumenta su fluidez cuando otro material más denso ejerce una fuerza de presión sobre él. Esta cualidad es la que permite realizar una técnica de impresión en dos tiempos o bifásica (Díaz-Romeral y cols., 2007).

E. Flexibilidad.

La rigidez es una característica que debe ser valorada para que no exista una deformación derivada de la expansión del yeso, pero un exceso de rigidez puede causar que se rompa el material que se mete en el surco gingival debido a que la capa que queda es muy fina. Por otro lado, los materiales más rígidos, además de la incomodidad para el paciente en el momento de su retirada de boca, pueden causar la fractura de los modelos si los muñones son finos y largos o si hay dientes periodontales o con estrechez a nivel del cuello (Díaz-Romeral y cols., 2007).

F. Hidrofilia.

La hidrofilia o afinidad por el agua de un material se mide en relación al ángulo que forma una gota de agua sobre su superficie. Cuanto menor es el ángulo que forma la tangente de una gota de agua depositada sobre la superficie de un determinado

material, mayor es la afinidad del material por el agua y, por tanto, mayor su hidrofilia (Law KY, 2014).

La hidrofilia es una cualidad deseable en los materiales de impresión y sirve para lograr mejores vaciados, pero no permite tomar impresiones en presencia de humedad; en este aspecto se ha demostrado que hay mayor exactitud cuando las impresiones se toman en campo seco que cuando se toman en presencia de humedad (Díaz-Romeral y cols., 2007). Las siliconas de condensación y adición, son materiales de impresión hidrófobos, pero a estas últimas les añaden elementos surfactantes que mejoran la humectabilidad y reducen el ángulo de contacto que forma el agua con la superficie del material. Los poliéteres son materiales hidrofílicos (absorben agua del ambiente), pero requieren campos secos para reproducir el detalle.

Actualmente los materiales de impresión más populares para rehabilitaciones fijas e implantología son los poliéteres y los polivinilsiloxano (PVS) como se muestra en el figura 1.



Figura 1: Impresión definitiva para prótesis fija con PVS

Las tablas II y III resumen las mejores prácticas clínicas actuales para la toma de impresiones en prótesis fija dento e implantosoportada.

Tabla II. Impresiones para Prótesis Fija (Punj y cols., 2017)

<i>Escenario Clínico</i>	<i>Material/Técnica Indicado</i>
Necesidad de mayor precisión y reproducción de detalles superficiales	Utilizar PVS o poliéteres, de consistencia liviana usando técnica de un paso con base de silicona pesada (putty) o mediana.

Presencia de zonas retentivas	Eliminar zonas retentivas utilizando un material de ionómero de vidrio modificado con resina antes de la impresión final con algún material elastomérico, para maximizar la recuperación elástica del material de impresión y minimizar la distorsión al retirarlo de la boca.
Problemas con el control de la humedad	Realizar buen aislamiento, considerar el uso de medicamentos o usar materiales hidrofílicos como hidrocoloides reversibles.
Necesidad de mayor tiempo de trabajo (unidades múltiples)	Usar materiales con sistemas de automezclado; evitar preparaciones a mano. Refrigerar el material de impresión PVS para aumentar tiempo de trabajo.
Preparaciones largas o delgadas	Evitar uso poliéteres debido a su alta rigidez. Considerar vaciado de modelos con resinas epóxicas o escanear la impresión y crear un modelo análogo digital para evitar realizar un vaciado.

Tabla III. Impresiones para Implantología (Punj y cols., 2017)

<i>Escenario Clínico</i>	<i>Material/Técnica Indicado</i>
Desdentados totales. Impresión a nivel de implante/pilar	Usar cofias de impresión ferulizadas, con técnica a cubeta abierta con siliconas o poliéteres.
Parcialmente edéntulos. Impresión a nivel de implante/pilar	Impresión a cubeta abierta o cerrada con transfers de impresión ferulizados, con siliconas o poliéteres.
Tres o menos implantes	Impresión a cubeta abierta o cerrada con siliconas o poliéteres.

II.2 Impresiones Digitales

A mediados del siglo XX, se produjo una de las revoluciones tecnológicas más importantes a nivel industrial, que abarcó a diferentes industrias en todo el mundo, desde las fuerzas armadas hasta la aviación y que, en última instancia, llegó al campo de la medicina: las tecnologías de diseño y fabricación asistidas por computador o “CAD-CAM” (Punj y cols., 2017). En 1960, el diseño y fabricación asistido por computadora comenzó a ser aplicado en las industrias aeronáutica y automotriz, pero esta tecnología no sería incorporada en el campo de la Odontología hasta una década después (Davidowitz y Kotick, 2011).

Tanto CAD como CAM son acrónimos derivados del inglés: “Computer-Aided Design (CAD)” y “Computer-Aided Manufacturing (CAM)” (Figura 2). Sin embargo, CAD y CAM son disciplinas distintas (Pradiés, 2012).

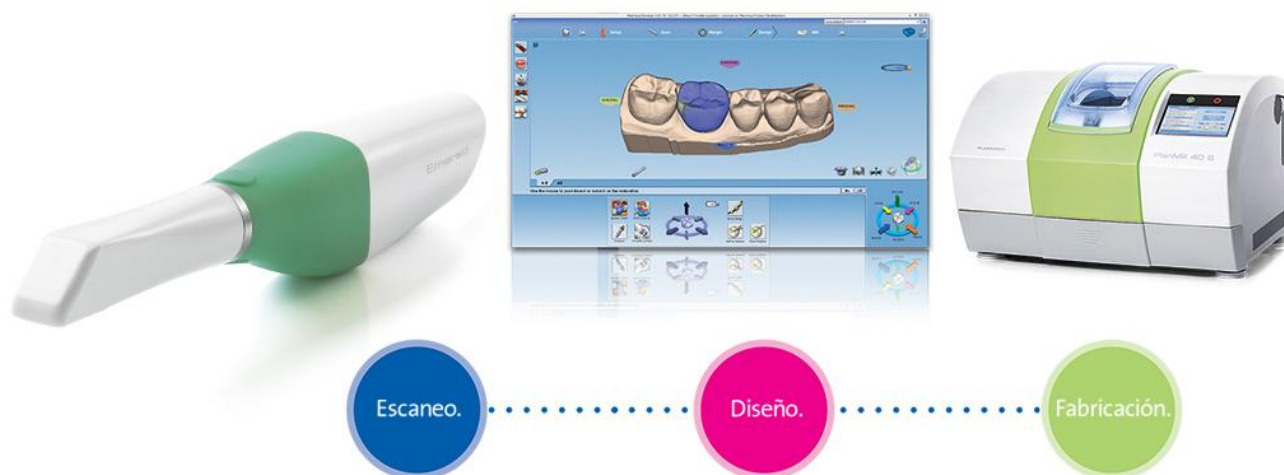


Figura 2: Sistema CAD/CAM

El diseño asistido por computadora (CAD) es el uso de sistemas informáticos (o estaciones de trabajo) para ayudar en la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño (Narayan, 2008). El software CAD se utiliza para aumentar la productividad del diseñador, mejorar la calidad del diseño, mejorar las comunicaciones a través de la documentación y crear una base de datos para la fabricación de objetos (Narayan, 2008). El formato de salida de un documento CAD a menudo se presenta en forma de archivos electrónicos para impresión, mecanizado u otros métodos de fabricación.

El software de CAD para diseño mecánico utiliza gráficos basados en vectores para representar los objetos de dibujo tradicional, o también puede producir gráficos de

trama que muestran la apariencia general de los objetos diseñados. Sin embargo, implica más que solo formas. Al igual que en el diseño manual de dibujos técnicos y de ingeniería, los archivos de salida de CAD deben transmitir información respecto a materiales, procesos, dimensiones y tolerancias, según las convenciones específicas de la aplicación. El CAD se puede usar para diseñar curvas y figuras en un espacio bidimensional (2D); o curvas, superficies y sólidos en espacio tridimensional (3D) (Farin y cols., 2002).

Por otra parte, la fabricación asistida por computadora (CAM), un proceso posterior al CAD. Es el uso de un software para controlar máquinas y herramientas utilizadas en la fabricación de piezas de trabajo (Daintith, 2004). Es un puente entre el Diseño Asistido por Computadora (CAD) y el lenguaje de programación de máquinas y herramientas con una intervención mínima del operador. El objetivo principal es crear un proceso de producción más rápido, componentes y herramientas con dimensiones más precisas y con adecuada consistencia del material, utilizando solo la cantidad requerida de materia prima (minimizando así el desperdicio), al tiempo que reduce el consumo de energía.

Debido a sus ventajas, se suele combinar el diseño y la fabricación asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM. Esta combinación permite transferir información desde la etapa de diseño a la etapa de fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de material y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto.

II.2.1 Revisión Histórica De La Tecnología CAD/CAM En Odontología

La tecnología del diseño y fabricación asistida por computadora se comenzó a desarrollar en el área odontológica, en la década de 1970. Algunas de las figuras más importantes en el desarrollo dental del CAD/CAM fueron los doctores François Duret de Francia, Werner Mörmann de Suiza, Dianne Rekow de Estados Unidos, y Matts Andersson de Suecia (Davidowitz y Kotick, 2011).

El Dr. Duret fue la primera persona en desarrollar un dispositivo CAD / CAM dental, fabricando coronas con forma funcional de la superficie oclusal usando una serie de sistemas que comenzaban con una impresión óptica del diente pilar en la boca, seguido por el diseño de una corona óptima teniendo en cuenta el movimiento funcional y el fresado de una corona usando una fresadora de control numérico en 1971 (Davidowitz y Kotick, 2011). Produjo la primera restauración dental CAD/CAM en 1983 y demostró su sistema en el congreso internacional de la Asociación Dental Francesa en noviembre de 1985 creando una restauración posterior de la corona para su esposa en menos de una hora. Más tarde desarrolló el sistema Sopa® (Punj y cols., 2017).

A inicios de 1980, el profesor Werner Mörmann de Suiza, desarrolló el primer sistema comercial de CAD/CAM. El, junto al ingeniero eléctrico Marco Brandestini, fueron los primeros en patentar y diseñar el escáner intraoral manual, que fue la primera generación “Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics” más conocido como CEREC® (Davidowitz y Kotick, 2011). En 1985, Mörmann y su equipo realizaron la primera incrustación en el sillón, registrando directamente la preparación en boca con una cámara intraoral, para luego diseñar y tallar la incrustación sobre un bloque de cerámica, usando una máquina compacta ubicada próxima al sillón dental (Miyazaki, 2009). Cuando se anunció el sistema CEREC, se extendió rápidamente el término CAD/CAM para la profesión dental, sin embargo, en sus inicios no tuvo buena reputación ya que el sistema no capturaba óptimamente los márgenes de las restauraciones, por lo que la reproducción digital no era exacta (Punj y cols., 2017).

La Dra. Rekow trabajó en un sistema de CAD/CAM dental a mediados de la década de 1980, junto a colegas de la Universidad de Minnesota. Este sistema fue diseñado para adquirir datos usando fotografías y un escáner de alta resolución, y para fresar restauraciones usando una talladora de 5 ejes (Davidowitz y Kotick, 2011).

Por su parte, el Dr. Andersson fue quien desarrolló el Sistema Procera® para la fabricación de coronas dentales de alta precisión en 1983. A comienzo de los años ochenta, las aleaciones de níquel-cromo comenzaron a ser utilizadas como sustituto de las aleaciones de oro, principalmente por el aumento drástico de su precio. Sin embargo, las alergias al níquel se volvieron un problema, por lo que se propuso la transición a titanio, el cual es libre de alergias. Debido a que la fundición de titanio en esos años era compleja de realizar, el Dr. Andersson intentó fabricar cofias de titanio mediante erosión e introdujo la tecnología CAD/CAM en la confección de carillas de resina compuesta. El sistema Procera, con los años se convirtió en un centro de procesamiento conectado en red con digitalizadores satelitales de todo el mundo, para la fabricación de estructuras de cerámica sin metal. Actualmente estos sistemas de producción en red están siendo introducidos por varias compañías en todo el mundo (Miyazaki, 2009).

El buen comportamiento del sistema CAD/CAM y la introducción de nuevos materiales dentales, desarrollados específicamente para este tipo de tecnología, han motivado una evolución veloz durante los últimos 15 años. Por ejemplo, la tecnología CAD/CAM inicial, permitió la creación de inlays, onlays, carillas y coronas, en cambio los sistemas CAD/CAM más recientes han podido proporcionar prótesis parciales fijas y pilares de implantes.

Además, el uso actual de estos sistemas se ha extendido desde el campo de la prótesis a otras disciplinas, como la ortodoncia o la cirugía. El mejor ejemplo, son los sistemas de cirugía guiada, que permiten optimizar la posición de los implantes, reduciendo la agresividad de las cirugías (Berrendero, 2016). Estos sistemas permiten transferir una planificación implantológica realizada sobre archivos radiológicos DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), hasta convertir dicha planificación en una guía quirúrgica fresada o estereolitográfica, capaz de guiarnos intraoralmente

durante la cirugía implantológica. De este modo, existen diferentes sistemas de diseño de cirugía CAD como el Simplant (Materialise/Medical), Nobelguide (Nobel Biocare), Facilitate (Astra Tech Dental), Navigator (Biomet 3i), coDiagnostiX (Straumann), entre otros (Pradíes, 2012).

Otro uso de CAD/CAM es en Ortodoncia. Un ejemplo de esto es Invisalign® un tipo de tratamiento que utiliza múltiples dispositivos transparentes y removibles, diseñados y fabricados mediante CAD/CAM para corregir desarmonías dentomaxilares (Davidowitz y Kotick, 2011).

II.2.2 Generalidades Respecto Al Funcionamiento Del CAD/CAM Dental

Los sistemas controlados por computador que se conocen en la actualidad suelen diferenciarse, principalmente, según el tipo de recolección de datos tridimensionales de los dientes pilares. Por el contrario, la fabricación automatizada (CAM) de las piezas de material cerámico, plástico o metálico es muy parecida en todos los métodos y consiste esencialmente en una máquina de control numérico con dispositivos específicos para el material de fresado o tallado, que son móviles en varios ejes. Por tanto, un sistema CAD/CAM tradicional puede escanear la preparación de forma óptica o mecánica, mediante el uso de un escáner intra o extraoral y diseñar a continuación la restauración, enviando las instrucciones precisas a una fresadora para que fabrique la prótesis (Pradíes, 2012).

Un sistema CAD/CAM consta, en general de tres fases de procesado (Punj y cols., 2017):

1.- Fase de digitalización de los datos:

Según el sistema, la fuente puede ser:

- El muñón en boca.
- El muñón en el modelo.
- El encerado de la estructura protésica.
- Modelo completo de la boca del paciente.

Además, esta digitalización puede ser de diferentes tipos (Hazeveld y cols., 2014):

- Mecánica o táctil, por contacto directo, como el sistema Procera®.
- Óptica: mediante una cámara intraoral, o escáneres de uso extraoral sobre modelos de yeso obtenidos a partir de impresiones de manera convencional. A su vez, los escáneres ópticos de uso extraoral, pueden ser de mecanismos diversos (láser, estérefotogrametría, luz blanca estructurada, etc.).

Referente a los métodos de digitalización, los medios ópticos permiten el escaneado del objeto sin contactar con el mismo, lo que es una ventaja cuando el objeto es blando o frágil. No obstante, las propiedades ópticas del objeto y las condiciones de luz que existan, podrían influir en la exactitud de los datos obtenidos en el escaneado (Berrendero, 2015).

De la precisión y fiabilidad de los datos que se obtengan en el escaneado del modelo, radica una gran parte del éxito del resultado final (Witkowski, 2005).

Todos los datos que se obtienen tras el escaneado de un objeto, son procesados como archivos STL ("stereolithography"), el cual es el formato de archivo normal utilizado en el sector CAD, que describe la superficie compuesta de unidades triangulares.

Los sistemas CAD/CAM pueden ser clasificados según su capacidad de compartir o exportar los datos digitales STL en dos tipos:

- **Sistemas cerrados**, los que ofrecen todos los procedimientos de CAD/CAM, incluida la adquisición de datos, el diseño virtual y la fabricación de restauración. Todos los pasos están integrados en un sistema único. Los datos o archivo STL no pueden ser intercambiables o exportados a diferentes sistemas. (Ting-Shu y cols., 2015; Abduo, 2012).

- **Sistemas abiertos**, que permiten el envío o exportación de datos digitales originales por otro software CAD y dispositivo CAM. Los datos se pueden exportar desde allí en un formato STL abierto. Esto significa que los conjuntos de datos se pueden importar utilizando programas de diseño CAD habituales como los ofrecidos por exocad, o utilizados en combinación con programas de planificación radiológica, en que conjuntos de datos STL también se pueden leer. La ventaja de un sistema abierto es que los datos escaneados se pueden exportar en su formato STL para un procesamiento CAD/CAM en compañías diferentes de acuerdo a las necesidades. (Ting-Shu y cols., 2015; Zimmermann y cols., 2015).

2.- Fase de diseño por ordenador (CAD):

Mediante un software, específico para cada sistema, se diseña la copia de la estructura protésica o bien la restauración final (Figura 3).

Del desarrollo específico del software de cada sistema y de la adecuación del hardware oportuno para cada uno de ellos dependen, directamente, las posibilidades terapéuticas de cada máquina, así como elementos informáticos que faciliten la futura adaptación de la prótesis, por ejemplo, los articuladores virtuales (Berrendero, 2015).

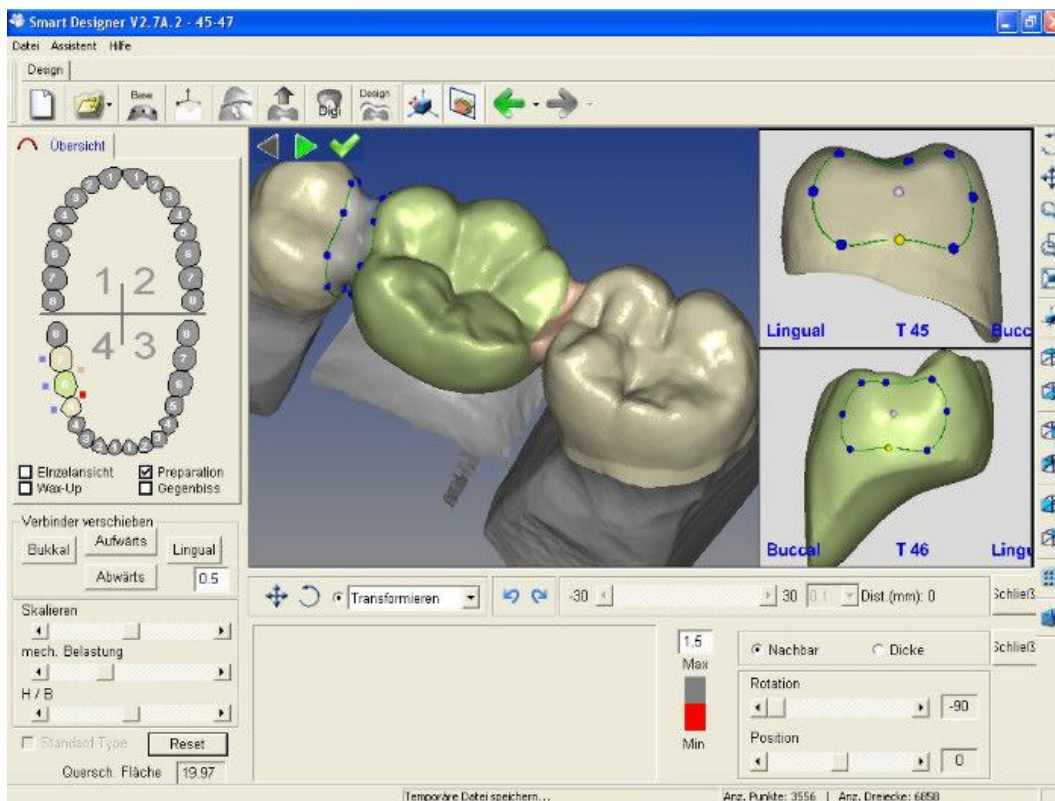


Figura 3: Diseño asistido por computador (CAD)

3.- Fase de prototipado (CAM):

La etapa CAM, es un proceso de prototipado o impresión rápida de un diseño previo realizado por computador. Actualmente las técnicas se pueden clasificar en dos grandes grupos: técnicas aditivas y técnicas sustractivas.

Las *técnicas aditivas* son aquellas en las que el material se va añadiendo poco a poco, hasta formar la estructura final diseñada. Dentro de este grupo existen diferentes opciones (Hazeveld y cols. 2014):

1.- Deposition de material fundido: Un cabezal de impresión va depositando material fundido, plástico o metal, en forma de filamento. La pieza se produce por la superposición de capas del material que se endurece nada más al ser depositado.

2.- Agregación de material granular: Se va fundiendo de forma selectiva, capa a capa, un sustrato de material que está en forma granular. Al fundirse las partículas quedan unidas. Este tipo comprende la sinterización láser, que puede ser de metales o plásticos, la fundición por haz de electrones y la impresión por inyección de material aglutinante.

3.- Fotopolimerización: En un recipiente de resina líquida fotopolimerizable incide de forma selectiva una luz ultravioleta que va polimerizando capas de forma secuencial hasta formar la pieza final. A este tipo de impresión 3D se le denomina estereolitografía.

En las *técnicas sustractivas*, como su nombre indica, se elimina material de un bloque mediante fresas o láser para obtener la estructura final (Figura 4).



Figura 4: Fresadora asistida por computadora (CAM), técnica sustractiva

El proceso de fresado (CAM), es realizado por máquinas de control numérico que tienen diferentes ejes de tallado, en función de la posibilidad de movimientos espaciales que realizan. A mayor número de ejes mayor es la precisión de los resultados y el tiempo empleado es menor (Berrendero, 2015).

Esta técnica es la más usada, pero es variable según los distintos sistemas y materiales a emplear. Del mismo modo, la transmisión de la información obtenida en los pasos anteriores se puede realizar de varias maneras, en función de la localización de cada uno de los componentes de cada sistema. Algunos sistemas tienen centros de fresado exclusivos, como es el caso de Procera® de la casa Nobel Biocare® (Berrendero, 2015). Otros sistemas, como Lava®, tienen Centros de Escaneado, a los que el laboratorio dental convencional puede recurrir para la digitalización de sus

modelos, o bien Centros de Escaneado y Fresado, en los cuales se procede a la realización de todos los pasos de los que se compone el proceso CAD/CAM, remitiendo las estructuras al laboratorio convencional para la terminación de las restauraciones como el caso del centro de fresado de PHIBO®.

Cuando las restauraciones son totalmente cerámicas, se puede realizar el fresado desde un bloque presinterizado, totalmente sinterizado, o de prensado isostático de cerámica en frío, normalmente desarrollados en exclusividad para cada uno de los sistemas existentes (Berrendero, 2015). El uso de bloques presinterizados produce menor desgaste de las fresas del sistema de tallado, con un menor tiempo de trabajo, pero se necesitará un horno específico para su cocción posterior. Es el método más popular entre la gran mayoría de los sistemas. (Berrendero, 2015).

Además de cerámica, estos sistemas pueden mecanizar otros materiales como titanio, composite, resinas acrílicas y aleaciones metálicas como el cromo-cobalto (Sorensen, 2003).

II.2.3 Flujos de Trabajo Digital con Sistemas CAD/CAM

De acuerdo a Logozzo y cols., (2014), existen tres tipos de flujos de trabajo digital en rehabilitación oral. El flujo de trabajo digital tradicional (*“traditional workflow”*), el flujo digital de trabajo anterior (*“former digital workflow”*), el flujo de trabajo digital rápido (*“rapid digital workflow”*).

El flujo de trabajo digital tradicional es el más antiguo, e involucra trabajo tanto en el box dental como en el laboratorio (Figura 5).

- El dentista toma una impresión tradicional con cubeta y materiales de impresión.
- Se envía la impresión al laboratorio dental, donde el técnico realiza el vaciado en yeso, para posteriormente escanear (con un scanner extraoral) el modelo de yeso obtenido y lograr un modelo digital virtual del arco completo en 3D.
- El técnico puede diseñar la prótesis mediante sistema CAD / CAM y enviar el archivo a una fresadora o talladora.
- La fresadora produce la corona o restauración.
- La prótesis es instalada en boca por el dentista y pulida si es necesario.



Figura 5: Flujo de Trabajo Digital Tradicional

El segundo flujo de trabajo es el “flujo digital de trabajo anterior” (*“former digital workflow”*). El término "anterior" se usa para distinguir este método del más reciente, que se menciona como "flujo de trabajo digital rápido". El flujo de trabajo digital “antiguo” puede ser realizado por un clínico que posea un scanner intraoral independiente, que no esté equipado con una unidad de fresado o talladora (Figura 6).

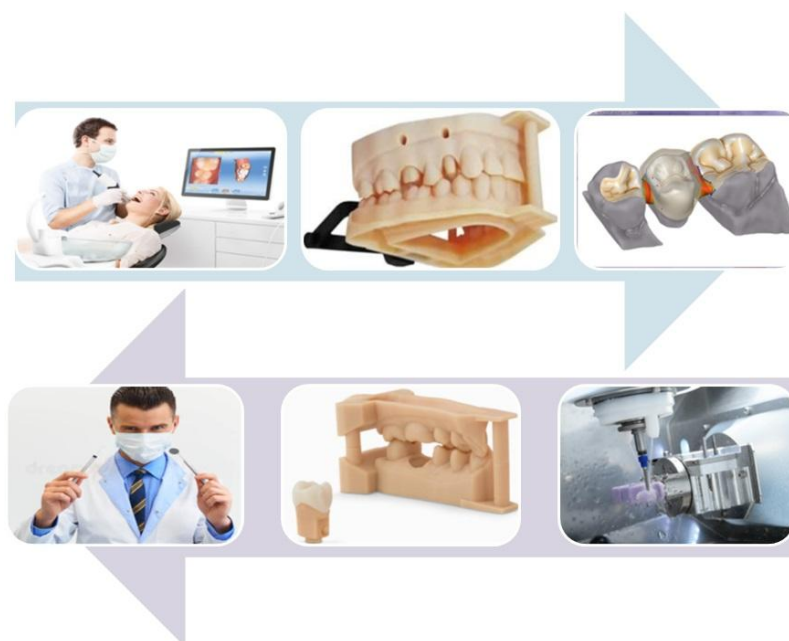


Figura 6: “Flujo de Trabajo Digital Anterior”

Según el “flujo digital de trabajo anterior”, los pasos para la creación de una prótesis u obturación son los siguientes:

- El dentista toma una impresión digital por medio de un scanner intraoral.
- El clínico envía la información digital a un laboratorio.
- El laboratorio descarga el archivo digital y usa un software personalizado para cortar digitalmente el modelo digital y marcar los márgenes.
- Se genera un modelo estereolitográfico (SLA) mediante el uso de sistemas CAD/CAM.
- El técnico dental puede continuar el proceso mediante el uso de su técnica de confección y terminación preferida como:
 - porcelana estratificada a mano
 - inyección de cerámica sobre patrones de cera.
 - diseño digital y tallado completo de la restauración en cerámica mediante sistemas CAD/CAM.
- La restauración terminada es enviada al odontólogo para su cementación.

El tercer tipo de flujo de trabajo es el “trabajo digital rápido” (*“rapid digital workflow”*). Este tipo de workflow se puede seguir sólo cuando el odontólogo posea un scanner intraoral equipado con una unidad de fresado en oficina (*“in-office”*) (Figura 7).

De acuerdo con el flujo de trabajo digital rápido, los pasos para la creación de la restauración son los siguientes:

- El dentista obtiene una impresión digital mediante un dispositivo de scanner intraoral.
- El dentista diseña la restauración y el software genera automáticamente el programa para la unidad de fresado o tallado.
- La restauración final es tallada en pocos minutos.
- El dentista cementa la restauración en boca.



Figura 7: “Flujo de Trabajo Digital Rápido”

II.3 Scanner Intraoral En Rehabilitación Oral

El scanner intraoral es un dispositivo médico compuesto por una cámara de mano (hardware), una computadora y un software o programa.

El objetivo del scanner intraoral es registrar con precisión la geometría tridimensional de un objeto. El formato digital más utilizado es el STL (originalmente acrónimo para “stereolithography” también utilizado como acrónimo de “Standard Triangle Language”) que puede ser abierto o cerrado (Figura 8a).

Este formato es usado en muchas áreas industriales y describe una sucesión de superficies triangulares donde cada triángulo está definido por tres puntos y una superficie normal (Figura 8b).

Sin embargo, otros formatos de archivo han sido desarrollados para registrar el color, la transparencia o la textura de los tejidos dentarios (como el formato de archivo Polygon o archivos PLY).

Independiente del tipo de tecnología de imagen que utilice un scanner intraoral, todas las cámaras requieren una proyección de luz que luego será registrada como imagen individual o video, para luego ser compiladas por el software computacional después del reconocimiento de los *puntos de interés* (POI).

Las dos primeras coordenadas (x - y) de cada punto se evalúan en la imagen, y la tercera coordenada (z) es calculada dependiendo de la distancia entre el objeto y el sensor, el cual varía según la tecnología óptica que utilice cada cámara intraoral (Figura 8c) (Richert y cols. 2017).

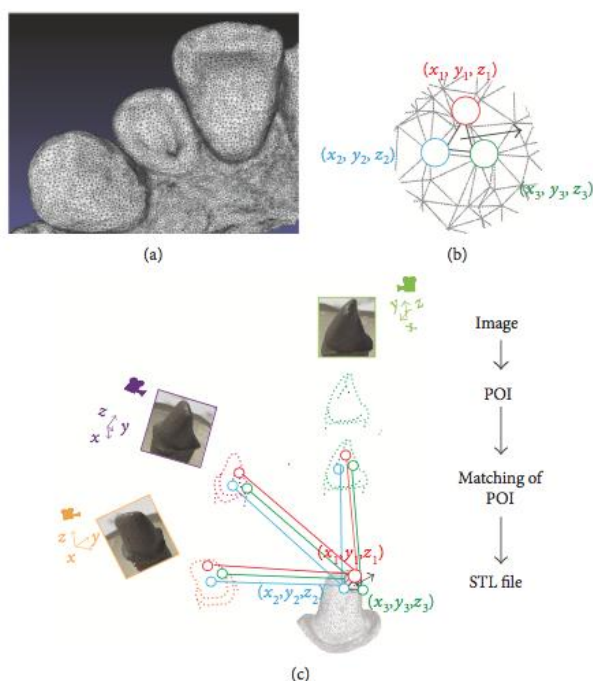


Figura 8: Generación de un archivo STL mediante escáner intraoral. (a) Un ejemplo de un archivo STL. (b) Cada triángulo de un archivo STL está compuesto por tres puntos con coordenadas cartesianas (x, y, z) y una superficie normal. (c) Representación esquemática de la tecnología de reconstrucción: cada imagen se analiza, y los POI (puntos de interés) son seleccionados por el software. Después del cálculo de similitud entre diferentes imágenes, se define una coincidencia de los POI coincidentes y se generan triángulos con coordenadas mediante una matriz de proyección (Richert y cols., 2017).

En la actualidad, existen más de una docena de scanners intraorales en el mundo. Sin embargo, no todos están disponibles para ser utilizados en todos los países. Los dispositivos existentes basan su funcionamiento en diferentes tecnologías ópticas sin contacto, como microscopía confocal, tomografía de coherencia óptica, estereovisión activa y pasiva, la triangulación, interferometría y los principios de cambio de fase. Básicamente, todos estos aparatos combinan más de una de las técnicas de imagen citadas para minimizar el ruido que surge al escanear dentro de una cavidad oral como, por ejemplo: el ruido relacionado con las características ópticas de las superficies del objetivo (translucidez y diferente reflectividad de los materiales diana, como dientes, encías, preparaciones dentarias, resinas, etc.), la humedad y los movimientos relativos aleatorios (Logozzo y cols., 2014).

II.3.1 Beneficios y Ventajas de los Sistemas de Scanner Intraoral

Los sistemas de scanner digital intraoral y su creación de datos digitales ofrecen numerosas ventajas en comparación a la técnica de impresión convencional y la fabricación del modelo de yeso, entre las que destacan (Zimmermann y cols., 2015; Punj y cols., 2017):

- **Visualización y evaluación del modelo en tiempo real:**

El análisis de calidad inicial del modelo digital en la pantalla del computador se puede realizar durante o después del procedimiento de escaneo. En comparación con la toma de impresión convencional, donde los detalles más importantes solo se hacen evidentes en el modelo de yeso.

- **Facilidad para corregir, manipular o recapturar imágenes:**

Si los resultados no son de calidad satisfactoria, el procedimiento de escaneo puede repetirse rápida y fácilmente. No hace falta preparar cubetas de impresión, ni volver a mezclar material de impresión.

Además, con la impresión digital, una repetición del escaneo puede limitarse selectivamente al área afectada (por ejemplo, en caso de sangrado en el margen de la preparación). Para este propósito, el área defectuosa simplemente se corta digitalmente y se vuelve a escanear.

- **Captura selectiva de las áreas relevantes:**

En el caso de rehabilitaciones extensas de boca completa, es posible proceder segmento por segmento, en varias sesiones de tratamiento, iniciando con las áreas más críticas o complejas.

- **No es necesario la desinfección y limpieza de las impresiones dentales o cubetas de impresión:**

Los escáneres intraorales se pueden desinfectar fácilmente incluyendo las puntas usadas que, en algunos casos, se pueden esterilizar en autoclave. Una alternativa de uso frecuente son los protectores desechables de plástico, que no

son necesarios después de completar el procedimiento de escaneo. Esto elimina el tiempo de trabajo de limpieza y desinfección de las cubetas y de la impresión.

- **Opciones de análisis de la preparación o restauración:**

Con los modelos digitales, los parámetros importantes de preparación, como la guía de inserción o la distancia con el diente antagonista respectivo, se pueden monitorear directamente en la pantalla de la computadora. De la misma manera, los parámetros de la restauración (por ejemplo, grosores mínimos de la pared o un diseño de restauración morfológica y funcionalmente adecuado) pueden verificarse en el modelo digital, sin necesidad de imprimir un modelo estereolitográfico.

- **El modelo no sufre desgaste:**

Un modelo digital no sufre el desgaste que se produce al verificar el ajuste de una restauración en un modelo físico. Un modelo digital siempre está disponible en la misma calidad original.

- **Disponibilidad, procesamiento y transferencia rápida y económica:**

El procesamiento de los modelos digitales se puede realizar de acuerdo a cada sistema sin grandes pérdidas de tiempo. Al igual que la transferencia de datos ya sea al laboratorio, o a otro odontólogo, también se puede realizar vía internet, a través de sistemas basados en nubes digitales, lo cual ahorra tiempo y costos de transporte.

- **Fácil archivado:**

A diferencia de los modelos de yeso fabricados convencionalmente, los modelos digitales se pueden archivar de forma más simple y eficiente en el computador a medida que se va ahorrando más espacio. Además, se pueden recuperar fácilmente accediendo al archivo de registro dental de cada paciente.

- **Uso de material económico:**

Las impresiones intraorales digitales evitan los productos de desecho, teniendo en consideración cubetas, adhesivos, materiales de impresión, desinfección, vaciado e incluso materiales de transporte, por lo tanto, son ventajosas en términos de sostenibilidad y conservación de los recursos.

- **Opción de trabajo “al lado del sillón” (Chairside):**

Además de ahorrar tiempo, el tratamiento dental en una única visita ofrece otras ventajas, como el sellado inmediato de la dentina, mejorando su resistencia a las bacterias y la estabilización adhesiva de los tejidos dentarios duros remanentes. Una ventaja adicional, es que la unión adhesiva no se ve comprometida por influencia del cemento temporal.

- **Herramientas de recorte virtual:**

Además de la posibilidad de un nuevo escaneo para capturar áreas defectuosas de manera selectiva, la herramienta de corte virtual se puede usar

para realizar un escaneo general antes de que comience el tratamiento. Esto significa que, durante la sesión de preparación dentaria, se puede solo escanear los dientes afectados y hacer una autoevaluación de la preparación.

- **Seguimiento virtual del paciente:**

Los modelos digitales se pueden utilizar para visualizar numerosos análisis intraorales de cambios como la migración de los dientes, la inclinación dental, la rotación de los dientes, la recesión y la abrasión. Para esto, es suficiente realizar una comparación tridimensional (3D) entre los hallazgos clínicos iniciales y las exploraciones intraorales posteriores con la ayuda de una herramienta de software especial (por ejemplo, OraCheck, Cyfex, Zurich, Suiza).

- **Representación de color verdadero:**

Algunos de los sistemas de scanner intraoral actuales producen modelos con el color verdadero, lo que permite mejorar la captura de elementos como las estructuras dentarias y la textura gingival. Esto permite, por ejemplo, analizar los cambios de color en los dientes y encía, lo que no es posible con un modelo de yeso. Algunos sistemas incluso permiten mediciones selectivas del color dentario.

- **Posibilidad de fusión de datos:**

Un conjunto de datos digitales se puede vincular a otro conjunto de datos digitales, como los de un scanner facial o imágenes una tomografía computarizada (CT), o una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Esto permite un rango adicional, más amplio y particularmente más completo de posibilidades para mejorar los procesos de diagnóstico y planificación de tratamientos.

II.3.2 Desventajas de los sistemas de Scanner Intraoral

A pesar de los numerosos beneficios descrito respecto a las impresiones digitales con scanners intraorales, existen algunas limitaciones del escaneo intraoral y de los modelos digitales (Zimmermann y cols., 2015; Punj y cols., 2017).

- **Costo Inicial:**

Todos los sistemas de scanner intraoral actualmente existentes son caros. El costo inicial del equipo, el software y las tarifas de incorporación y/o mantenimiento, generan una inversión importante. Los precios promedio actuales hacen que la relación costo-beneficio aún no sea alcanzable para muchos usuarios. Sin embargo, se espera que los valores de los scanners intraorales disminuyan en un futuro cercano, debido al creciente número de fabricantes en el mercado.

- Curva de aprendizaje:

Tomar impresiones digitales no es fácil de realizar para principiantes, ya que la técnica correcta requiere adherirse a complejos protocolos de escaneo. Además, el aprendizaje de la toma de impresiones digitales intraorales requiere una cierta cantidad de tiempo de familiarización con el sistema, por esto, inicialmente la curva de aprendizaje es muy plana. Sin embargo, con la ayuda de lo que se conoce como “procedimientos de escaneo guiado”, se enseña al usuario, paso a paso, cómo guiar el escáner intraoral sobre el arco dentario.

Cada sistema de scanner intraoral desarrolla protocolos de escaneo específicos que deben ser respetados. La forma del escaneo significa que el escáner intraoral debe moverse de acuerdo a un patrón específico diseñado, para obtener la mayor precisión posible en el modelo virtual. Varios análisis científicos muestran la influencia que tiene la forma de escaneo en la precisión de la captura de datos, tanto in vitro como in vivo, especialmente para la captura de áreas grandes como cuadrantes o la mandíbula completa, donde se debe generar un volumen de datos suficiente, no solo en dirección mesiodistal, sino también con la adición de imágenes laterales para completar el escaneo y, sobre todo, para cerrar la imagen de nuevo cruzando la superficie oclusal y volviendo al punto de inicio del movimiento de escaneo. La captura de áreas sin estructura y / o áreas con una pendiente pronunciada hacia abajo, como el área mandibular anterior, a menudo resulta difícil. Esto, a su vez, requiere estrategias particulares dependientes del sistema.

- Restauraciones sobre implantes:

En el caso de rehabilitaciones sobre implantes, para determinar la posición tridimensional del implante, se necesita un cuerpo de escaneo o “scan body” específico para cada marca, modelo y diámetro de implante, para realizar una impresión digital con scanners intraorales. El “scan body” debe ser compatible con el sistema de implante correspondiente y con el software CAD que se utilice.

Sin embargo, actualmente algunos fabricantes de cámaras intraorales ofrecen la posibilidad de realizar restauraciones digitales sobre implantes en cooperación con los respectivos fabricantes de implantes.

- Oclusión estática y dinámica:

Con algunos sistemas de escaneo intraoral no es posible alterar la oclusión posterior a su diseño. En el caso de restauraciones extensas, la confiabilidad de la restauración es directamente proporcional a la existencia de soporte oclusal. Además, muchos sistemas no permiten simular una oclusión dinámica. Sin embargo, actualmente existe un método para la integración de la articulación dinámica utilizando articuladores virtuales.

- Tarifas de escaneo y sistemas cerrados:

En algunos sistemas, el usuario debe pagar por cada escaneo digital que realice. En muchos casos, los datos escaneados son enviados primero a los

sistemas de almacenamiento basados en la nube de cada compañía, y en un formato de archivo codificado. En este caso hablamos de un sistema cerrado. Exportar estos datos en formato STL, es decir abierto, para poder ser procesados por cualquier software CAD, es posible, sólo después de exportar el archivo de la plataforma original, y por lo general asociados a un pago previo. Sin embargo, recientemente han aparecido un número creciente de fabricantes que ofrecen sistemas abiertos, es decir, escáneres intraorales que permiten la exportación directa de archivos STL.

II.3.3 Tecnologías Ópticas de Captura de Datos en Scanner Intraoral

a) Triangulación

La triangulación es una técnica sin contacto, usada para la recolección de datos digitales de la forma de un objeto 3D y la construcción de modelos digitales 3D, para una amplia variedad de aplicaciones. Se pueden utilizar técnicas de triangulación tanto pasiva como activa (Logozzo y cols., 2014).

- Métodos de Triangulación Activa:

La triangulación activa o triangulación de la luz es un método para determinar la geometría 3D de objetos del mundo real. En este método, una fuente de luz o láser se coloca a una distancia fija de un sensor o cámara, el objeto escaneado refleja la luz o láser, y este reflejo es captado por la cámara y usado para calcular la posición del objeto (Punj y cols., 2017). La posición del objeto se calcula utilizando el ángulo de la luz reflejada (Ting-shu y Jian, 2015; Logozzo y cols., 2014).

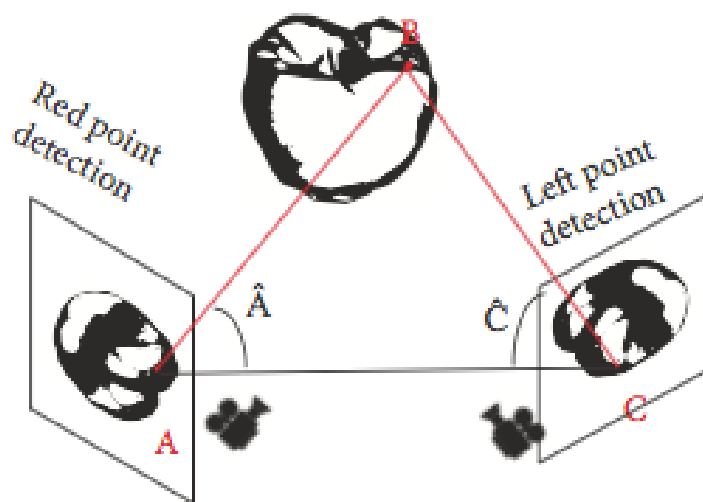


Figura 9: Triangulación: La distancia BC podría calcularse según la fórmula $BC = AC \times \sin(\hat{A}) / \sin(\hat{A} + \hat{C})$

Esta técnica se llama triangulación porque el punto láser, la cámara y el emisor láser forman un triángulo (Figura 9). La distancia entre la cámara y el emisor láser es conocida, y se le llama *distancia de referencia* y corresponde con un lado del triángulo. El ángulo de la esquina del emisor láser también es conocido.

El ángulo de la esquina de la cámara se puede determinar mirando la ubicación del punto láser en el campo de visión de la cámara. Estas tres piezas de información determinan completamente la forma y el tamaño del triángulo y dan la ubicación de la esquina del punto láser del triángulo mediante cálculos trigonométricos (Logozzo y cols., 2014). En la mayoría de los casos, una franja láser, en lugar de un único punto láser, se desplaza por el objeto para acelerar el proceso de adquisición (Figura 10).

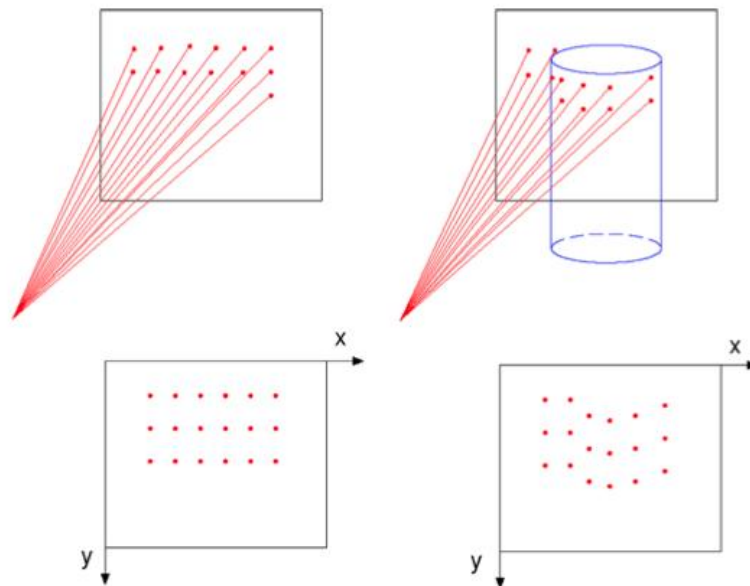


Figura 10: Campo de visión de la cámara en el método de triangulación activa.

Superficies con dispersión de luz desigual reducen de forma adversa la precisión de los escaneos. Por esta razón, algunos sistemas de escáner intraoral más antiguos, requieren la adopción de una capa de polvo opaco de dióxido de titanio para producir una dispersión de luz uniforme y aumentar la precisión del escaneado (Ting-shu y Jian, 2015). Un ejemplo de este tipo de sistema, es el CEREC Bluecam (Zimmermann y cols., 2015).

- Método de Triangulación Pasiva:

En los métodos de triangulación pasiva, ningún tipo de radiación es emitida por el escáner intraoral y el sistema se basa en detectar la radiación reflejada desde el ambiente (Logozzo y cols., 2014).

La triangulación pasiva (o estereovisión pasiva), utiliza algoritmos fotogramétricos. Esta técnica se basa en el procesamiento de dos imágenes estereo, obtenidas de dos cámaras, las cuales tienen posiciones y angulaciones establecidas (Figura 11). Esta información es necesaria para identificar puntos con sus correspondientes presentaciones en las dos imágenes para aplicar la triangulación, respecto a los mismos puntos correspondientes en la línea epipolar; los algoritmos se basan en la geometría epipolar.

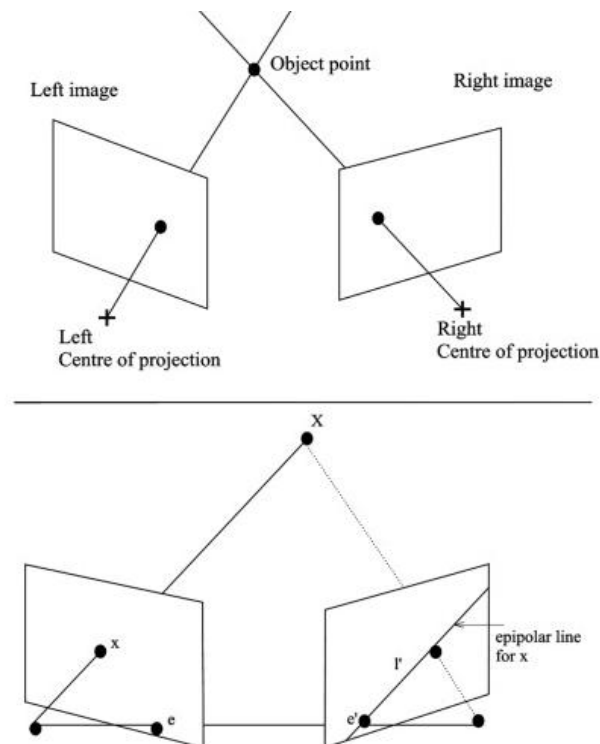


Figura 11: Método de Triangulación Pasiva

La triangulación pasiva proporciona la mayor precisión entre los sistemas de visión de este tipo. Sin embargo, solo los objetivos con alto contraste y bordes bien definidos pueden ser medidos con gran precisión. Se puede reducir esta ambigüedad con el uso de tres cámaras (Logozzo y cols., 2014).

Según El-Hakim, Beraldin y Blaise, este sistema ve afectada significativamente su capacidad para registrar con éxito las estructuras deseadas por la luz ambiental, a menos que se use iluminación controlada (Logozzo y cols., 2014).

La principal ventaja de este tipo de tecnología sigue siendo el bajo costo de estos sistemas, fabricados con pocos y baratos componentes; además, el principio de funcionamiento es simple, similar a lo que realiza el ojo humano.

De forma independiente al método de triangulación utilizado, todos los sistemas tienen como gran problema el escaneo de la oclusión, ya que se realiza en un área que puede ser invisible para el láser, o la cámara o ambos. Una solución teórica es mantener el ángulo de triangulación lo más pequeño posible, pero el resultado afectaría a la precisión, por lo que se debe alcanzar un balance adecuado entre la oclusión y precisión (Logozzo S. y cols., 2014).

b) Microscopía de Escáner Láser Confocal

La microscopía de escáner láser confocal (CLSM o LSCM) es una técnica para adquirir imágenes ópticas de alta resolución con profundidad selectiva, un proceso conocido como seccionamiento óptico. Las imágenes son obtenidas punto por punto y reconstruidas por un computador. Al usar esta técnica, se puede reconstruir el perfil de superficie de especímenes opacos y obtener la imagen interior de especímenes no opacos (Figura 12). (Logozzo y cols., 2014).

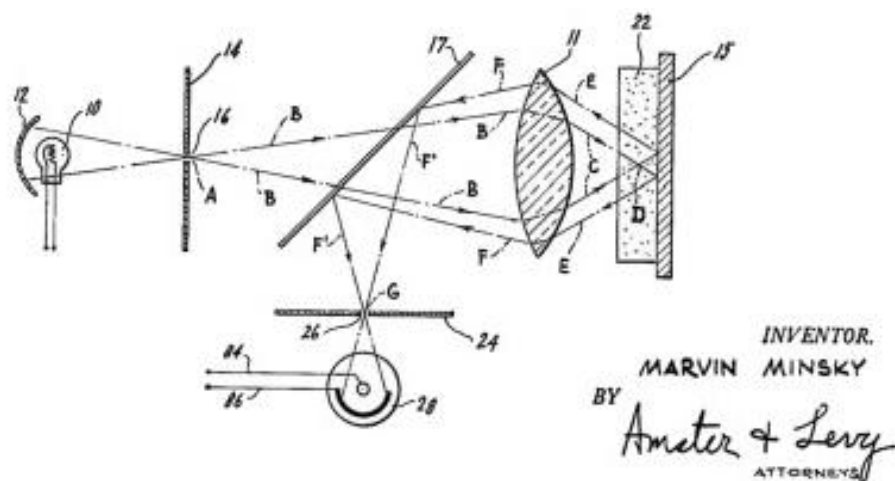


Figura 12: Principio de Microscopía Confocal

La luz detectada, que se origina a partir de un elemento de volumen iluminado dentro de la muestra, representa un píxel en la imagen resultante. El rayo se escanea a través de la muestra en el plano horizontal utilizando uno o más espejos oscilantes servocontrolados.

Esta tecnología puede detectar las áreas nítidas de la imagen para inferir la distancia al objeto que se correlaciona con la distancia focal del lente. Un diente puede ser reconstruido mediante imágenes sucesivas tomadas con diferentes enfoques y valores de apertura, y desde diferentes ángulos alrededor del objeto (Taneva y cols., 2015). El área de nitidez está directamente relacionada con la destreza del operador quien puede generar desenfoque por movimiento (Giménez y cols., 2015). Además, esta técnica requiere uso de grandes lentes, lo que puede ocasionar dificultades en la práctica clínica (Richert y cols., 2017).

c) Muestreo Activo de Frente de Onda o *Active Wavefront Sampling (AWS)*

Esta es una técnica de imagen superficial en 3D que utiliza solo una cámara y un módulo de apertura sin eje o módulo AWS.

En su forma más simple, un módulo AWS es una apertura sin eje que se mueve en una trayectoria circular alrededor del eje óptico (Figura 13).

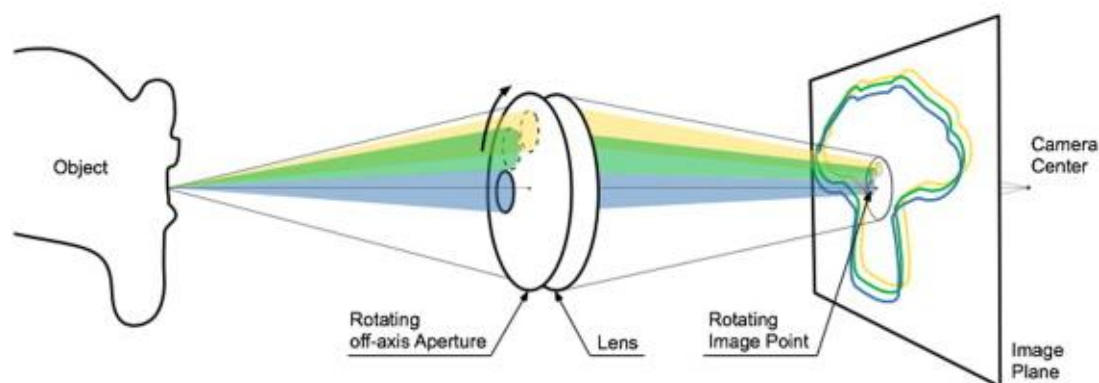


Figura 13: Muestreo Activo de Frente de Onda

El módulo se mueve en un patrón circular alrededor del eje óptico y produce rotación de los puntos de interés (POI) en el plano de la imagen (Richert y cols., 2017).

La información respecto a la distancia de profundidad de los puntos objetivo es calculada y derivada a partir del patrón producido por cada punto.

En esta tecnología es necesario el uso de polvo en la superficie a escanear. Las partículas de óxido de titanio utilizadas son utilizadas como puntos de referencia distribuidos aleatoriamente para el sistema óptico.

En principio, las imágenes de AWS permiten que cualquier sistema con una cámara digital funcione en 3D. Por lo tanto, elimina la necesidad de múltiples cámaras para adquirir geometrías 3D. Obviamente, la característica más importante de un sistema AWS es que requiere solo una ruta óptica para capturar información de profundidad (Logozzo S. y cols., 2014).

d) Tomografía de Coherencia Óptica (OCT)

OCT es una técnica de imagen interferométrica que proporciona vistas transversales de la microestructura subsuperficial de los objetivos (aproximadamente 2-3 mm), como los tejidos biológicos.

El interferómetro en un escáner OCT divide una fuente de luz de amplio espectro, proveniente de un digitador láser, en dos caminos: un rayo de muestra (que va hacia el objeto de interés) y un rayo de referencia, que enfoca el rayo en un espejo del escáner, que desvía la luz hacia la superficie del diente preparado.

La combinación de la luz reflejada del rayo de muestra y la luz del rayo de la referencia da lugar a un patrón de interferencia, pero solamente si la luz de ambos rayos ha viajado la "misma" distancia óptica ("misma" significa una diferencia de menos de una longitud de coherencia).

La trayectoria de luz (trayectoria de referencia) tiene una longitud de trayectoria controlada y conocida, determinada por los parámetros de la línea de retardo óptico. La luz reflejada por la superficie del objeto, regresa a través del espejo del escáner y se combina mediante el acoplador con la luz de ruta de referencia, proveniente de la línea de retardo óptico. La luz combinada se acopla a un sistema de imagen y a la imagen óptica a través de cables de fibra óptica (Figura 14).

Explorando el espejo en el rayo de referencia, puede obtenerse un perfil de reflectividad de la muestra. Las áreas de la muestra que reflejan mucha luz crean mayor interferencia que las áreas que no lo hacen. Cualquier luz que esté fuera de la corta longitud de coherencia no interfiere.

Cuando el sistema OCT se utiliza para analizar una sección interna de un tejido, el sistema necesita operar en un rango espectral que proporcione suficiente penetración de luz (que es el rango infrarrojo cercano). Las imágenes de OCT se limitarían a capas superficiales de menos de unos pocos cientos de micrómetros de grosor, si se utilizara

una fuente que emita longitudes de onda en azul y ultravioleta: la longitud media de dispersión de los fotones en el tejido en estas regiones espectrales es muy corta. Por lo tanto, este rango espectral se debe utilizar para analizar la superficie del tejido objetivo (Logozzo y cols., 2014).

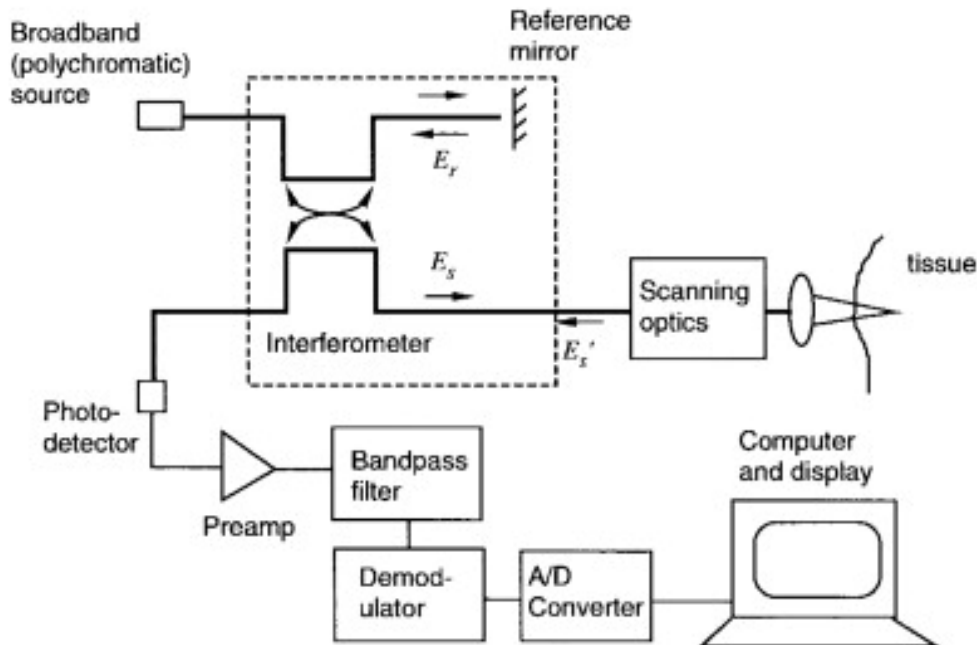


Figura 14: Diagrama de bloque de un sistema OCT

e) Interferometría con Patrón de Franja

La interferometría con patrón de franja o *Accordion Fringe Interferometry* (AFI) es una tecnología que extiende la tradicional interferometría láser lineal a tres dimensiones.

En la interferometría con patrón de franja o de franja de acordeón, dos fuentes puntuales iluminan un objeto y crean un patrón de franjas de interferencia. Se utiliza una cámara digital de alta precisión para registrar la curvatura de las franjas, desde un punto de vista desplazado del proyector (Figura 15). El grado de curvatura marginal aparente, junto con las geometrías conocidas entre la cámara y la fuente láser, permiten que los algoritmos AFI digitalicen la superficie del objeto que se está formateando. Los generadores de imágenes basados en AFI registran una ubicación del punto de superficie X, Y, Z para cada píxel de la cámara.

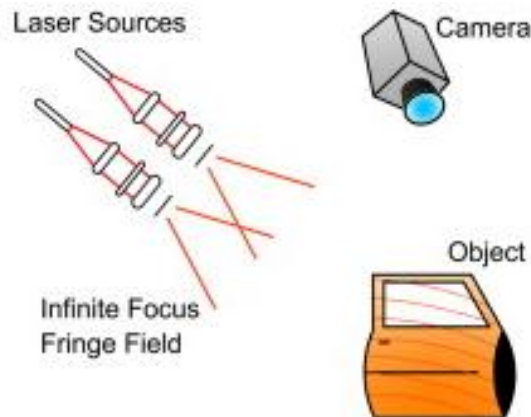


Figura 15: Principio de Trabajo AFI

La tecnología AFI emplea luz láser y usa el patrón de interferencia creado a partir de múltiples fuentes de láser para generar un patrón de franjas perfectamente enfocado y altamente preciso en el objeto de destino. La Figura 16 muestra el patrón de interferencia, creado cuando la luz del láser pasa a través de dos rendijas delgadas (Logozzo y cols., 2014).

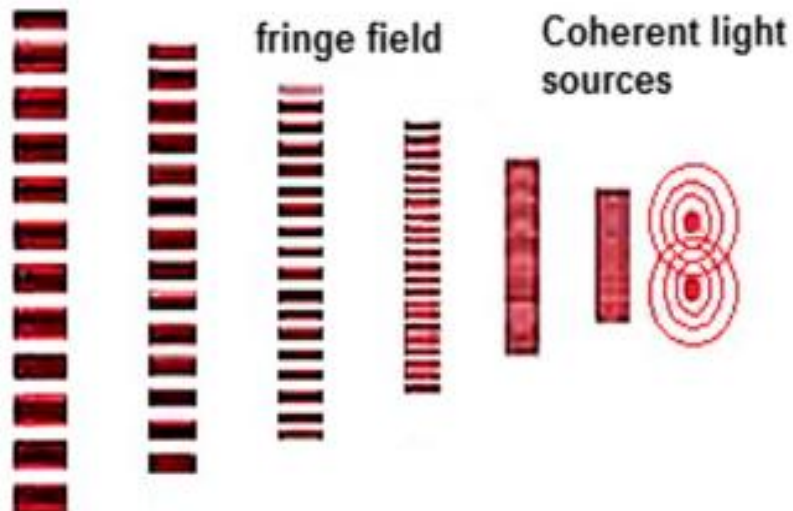


Figura 16: Patrón de interferencia AFI cuando la luz láser pasa a través de dos ranuras finas

II.3.4 Técnicas de Escaneo Intraoral

Una de las mayores dificultades del escaneo intraoral es el cambio de eje que se produce, por ejemplo, al pasar de dientes posteriores a anteriores o cuando existe una malposición dentaria.

Para los scanners intraorales, cuando se requiere registrar una arcada completa, los fabricantes describen diferentes estrategias de escaneo (Figura 17). La primera es un movimiento lineal en todas las superficies oclusales-palatinas seguido de la superficie vestibular. Otra estrategia consiste en hacer un barrido en forma de S en las caras vestibular, oclusal y lingual de cada diente sucesivamente. La primera estrategia limitaría la distorsión espacial al finalizar la captura de imágenes en la posición inicial, y así evitar un error unidireccional general, pero el movimiento lineal o brusco al escanear zonas vestibulares podría producir imprecisiones en el registro de las áreas interproximales. Esta observación técnica llevó a los clínicos a adaptar su protocolo de escaneo en áreas difíciles, como las zonas interproximales, las preparaciones dentarias, altas curvaturas del incisivo central y el cambio de eje alrededor de los caninos. Sin embargo, la captura de áreas con una zona pendiente pronunciada, como el área mandibular anterior, a menudo se asocia con dificultades en el tratamiento de la imagen (Richert y cols., 2017).

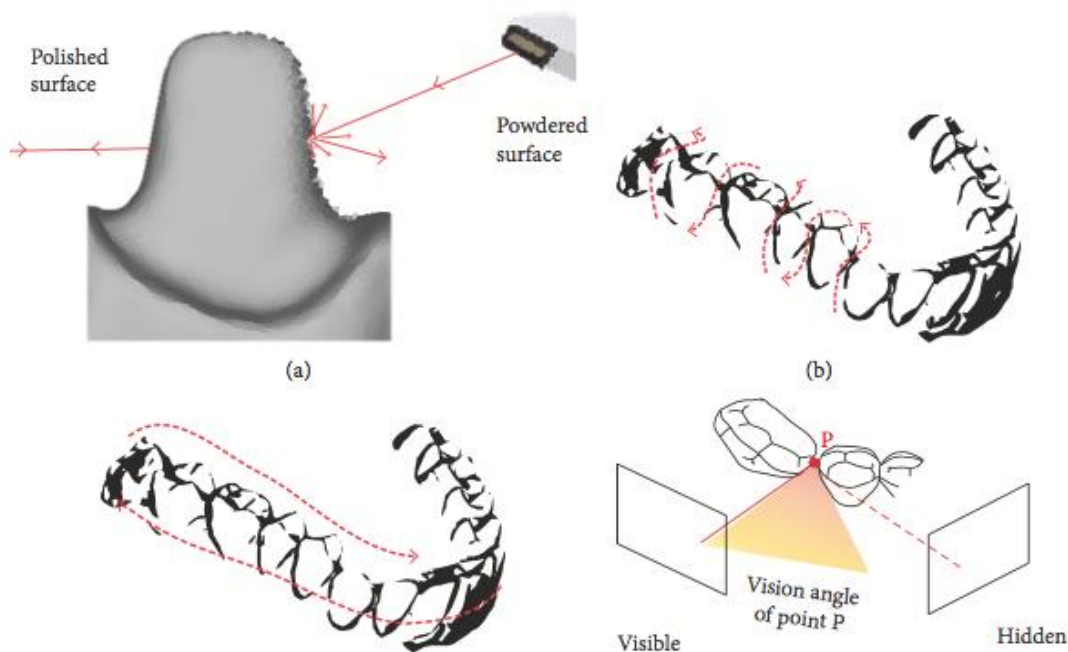


Figura 17: Estrategias de escaneo. (a) Los dientes preparados tienen superficies reflectantes debido al esmalte o superficies pulidas. El polvo puede aumentar la luz difusa que disminuye este fenómeno. (b) Un escaneo de una vía (barrido S en superficies vestibulares, oclusales y linguales). (c) Un movimiento lineal en las superficies oclusales-palatales seguido de la superficie bucal. (d) Las caras próximas están ocultas si la estrategia de escaneo no está adaptada (Richert y cols., 2017).

Lo ideal es siempre tener una estrategia de escaneo comenzando, por ejemplo, con partes fáciles (caras oclusales de dientes posteriores) para que el software tenga suficiente información si se pierde el seguimiento.




Los fabricantes actualmente están desarrollando diferentes estrategias y algoritmos de software para continuar el escaneo cuando el rastreo se pierde principalmente al reconocer la geometría guardada del objeto. Para esto, los profesionales necesitan volver a escanear un área significativa sin estar estacionaria para dar suficiente información a la cámara y el software.

El segundo escaneo permitirá hacer coincidir el PDI anterior, y el software completará esta área perdida. Incluso los sistemas más actuales incluyen melodías que van guiando al clínico respecto a si su captura de imágenes es adecuada o no.

II.3.5 Sistemas de Scanner Intraoral disponibles comercialmente:

Las siguientes tablas IV-V-VI-VII entregan detalles de diferentes sistemas de scanner intraoral, disponibles en el mercado, incluyendo configuraciones disponibles actualmente.

Tabla IV: Comparación entre scanners intraorales 1

	 3M Espe True Definition Scanner	 3Shape Trios 3	 3Shape Trios Standard/Color
Polvo	Si	Si	No
Color	No	Si	Trios Standard: No Trios Color: Si
Configuración	Carrito con pantalla táctil o portátil en tablet (3MMobileTD)	Carrito con pantalla táctil; USB; integrado en la unidad dental. o Portátil (TRIOS POD)	Carrito con pantalla táctil; USB; integrado en la unidad dental
Tamaño del Scanner (Largo x Ancho x Alto)	254 x 16 x 14mm	Sin detalles	320 x 56 x 16mm

Modo de captura de datos	Secuencia de video	Secuencia de video	Secuencia de video
Principio de captura de datos	Muestreo activo con frente de onda.	Tecnología Láser Confocal	Microscopio Confocal
Flujo Digital	Transferencia de datos a través de la plataforma basada en la nube. Centro de conexión 3M; Sistema de exportación STL abierto.	Transferencia de datos a través de 3Shape Inbox vía nube; sistema de exportación STL abierto (última actualización).	Transferencia de datos a través de 3Shape Inbox vía nube; sistema de exportación STL cerrado.
Al lado del Sillón (Chairside)	En planificación (disponible en Estados Unidos) CAD: Software 3M. CAM: fresadora PlanMill 40S (Planmeca) y TS150 (IOS Technologies)	En planificación CAD: Software 3Shape (versión preliminar) CAM: Cooperación con 8 empresas fresadoras (por ejemplo, Imes-icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine).	En planificación CAD: Software 3Shape (versión preliminar) CAM: Cooperación con 8 empresas fresadoras (por ejemplo, Imes-icore 140i, Planmeca PlanMill 40, KaVo Arctica Engine).
Laboratorio	Sistema establecido CAD: flujo de trabajo oficial con exocad, DentalCAD, Dental Wings DWOS, 3Shape Dental System, 3M software, Straumann CAM: cooperación con otros fabricantes.	Sistema establecido: CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge; cooperación con otros fabricantes.	Sistema establecido: CAD: 3Shape Dental System CAM: 3Shape CAMbridge; cooperación con otros fabricantes.
Implantología	Planificación Protésica: Flujo de trabajo para implantes Biomet 3i usando BellaTek Encode; flujo de trabajo para implantes Straumann. Planificación de implantes: Flujo de trabajo utilizando el software Straumann Cares.	Planificación Protésica: 3Shape Dental System. Planificación de implantes: 3Shape Implant Studio (incluye diseño de guía quirúrgica).	Planificación Protésica: 3Shape Dental System. Planificación de implantes: 3Shape Implant Studio (incluye diseño de guía quirúrgica).

Tabla V: Comparación entre scanners intraorales 2




	 Align Technology iTero Element	 Carestream CS 3500	 Dental Wings Dwio
Polvo	No	No	No
Color	No (en planificación)	Si	No (en planificación)
Configuración	Carro con pantalla táctil. Versión de sobremesa con pantalla táctil.	USB; integrado en la unidad dental.	Carrito con pantalla táctil y captura de movimiento. (actualmente portátil disponible)
Tamaño del Scanner (Largo x Ancho x Alto)	Sin detalles	245 x 62 x 37 mm	Sin detalles
Modo de captura de datos	Secuencia de video	Imágenes individuales	Secuencia de video
Principio de captura de datos	Microscopio Confocal	Triangulación	Imágenes Multiscan (10 cámaras, 5 proyectores correspondientes).
Flujo Digital	Transferencia de datos a través de plataforma basada en la nube MyAligntech. Sistema de exportación STL abierto.	Transferencia de datos a través de plataforma en la nube CS Connect. Sistema de exportación STL abierto.	Transferencia de datos a través de plataforma en la nube DWOS Connect. Sistema de exportación STL abierto.
Al lado del Sillón (Chairside)	Disponible en Estados Unidos CAD: Centro de Diseño E4D; Tecnologías iOS FastDesing System. CAM: Fresadora E4D Planmeca y Fresadoras IOS TS150.	Establecido: CAD: Software CS Restore CAD. CAM: Fresadora CS 3000 (sólo un eje de tallado); limitado a restauraciones unitarias (preparaciones plurales de 3 unidades en preparación).	Establecido: CAD: Dental Wings DWOS Chairside CAD software. CAM: Dental Wings Intraoral Scanner and Dental Wings Lasermill
Laboratorio	CAD: en cooperación con otros fabricantes. CAM: en cooperación con otros fabricantes.	CAD: en cooperación con otros fabricantes. CAM: en cooperación con otros fabricantes.	CAD: DWOS CAD suite software. CAM: cooperación con otras empresas; fresadora DWOS LaserMill.
Implantología	Sistema establecido: Planificación Protésica: Flujo de trabajo para más de 20 tipos de implantes. Planificación de implantes: Flujo de trabajo utilizando el software Straumann Cares.	No establecido. Establecido para el CS3600 (Portátil) no disponible actualmente en Chile	Parcialmente establecido. Planificación Protésica: No disponible. Planificación de implantes: Software DWOS coDiagnostiX

Tabla VI: Comparación entre scanners intraorales 3







	 Dentium Rainbow iOS	 Densys 3D MIA3D	 GC AADVA
Polvo	No	Si	No
Color	Si	Si	No (en planificación)
Configuración	Carro con pantalla multitáctil.	USB; Carrito	Carro con pantalla táctil; integrado a la unidad dental.
Tamaño del Scanner (Largo x Ancho x Alto)	275 x 175 x 175 mm	20mm largo.	160 x 260 x 160 mm
Modo de captura de datos	Imágenes individuales	Secuencia de video	Secuencia de video
Principio de captura de datos	Triangulación	Triangulación	Microscopia Confocal
Flujo Digital	Transferencia de datos a través de plataforma basada en la nube; Sistema de exportación STL abierto.	Sistema de exportación STL abierto, de forma directa.	Transferencia de datos a través de plataforma basada en la nube; Sistema de exportación STL abierto.
Al lado del Sillón (Chairside)	No establecido.	No establecido.	No establecido.
Laboratorio	CAD: en cooperación con otros fabricantes. CAM: en cooperación con otros fabricantes; Fresadora rainbow Mill Clinic and rainbow Mill	CAD: en cooperación con otros fabricantes. CAM: en cooperación con otros fabricantes.	CAD: Software GC AADVA Soft CAD. CAM: cooperación con otras empresas.
Implantología	No establecido.	No establecido.	No establecido.

Tabla VII: Comparación entre scanners intraorales 5

	 Planmeca PlanScan	 Sirona Cerec Omnicam	 Sirona Cerec Bluecam
Polvo	No	No	Si
Color	Si	Si	No
Configuración	Puerto USB; integrado a la unidad dental.	Carrito (AC) y versión de mesa (AF)	Carrito (AC)
Tamaño del Scanner (Largo x Ancho x Alto)	Sin detalles.	228 x 16 x 16mm	206 x 17 x 22mm
Modo de captura de datos	Secuencia de video	Secuencia de video	Imágenes individuales.
Principio de captura de datos	Triangulación	Triangulación	Triangulación
Flujo Digital	Transferencia de datos a través de plataforma en la nube Planmeca Romexis; Sistema de exportación STL abierto.	Transferencia de datos a través de plataforma en la nube Cerec Connect; Sistema de exportación cerrado.	Transferencia de datos a través de plataforma en la nube Cerec Connect; sistema de exportación cerrado.
Al lado del Sillón (Chairside)	Establecido CAD: software PlanCAD Easy CAM: Fresadora PlanMill 40, de 4 ejes.	Establecido CAD: Software Cerec Chairside. CAM: Fresadora Cerec MC (X/XL) 3 + 1 y fresadora Cerec MCX5 de 5 ejes	Establecido CAD: Software Cerec Chairside. CAM: Fresadora Cerec MC (X/XL) 3 + 1 y fresadora Cerec MCX5 de 5 ejes
Laboratorio	Establecido CAD: Software PlanCAD Premium. CAM: Fresadora de 4 ejes PlanMill 40 y fresadora de 5 ejes PlanMill 50	Establecido CAD: Software Cerec inLab 15 CAM: Fresadora Cerec MC(X/XL) 3 + 1 ejes y fresadora Cerec MC X5 de 5 ejes	Establecido CAD: Software Cerec inLab 15 CAM: Fresadora Cerec MC(X/XL) 3 + 1 ejes y fresadora Cerec MC X5 de 5 ejes

Implantología	No establecido.	<p>Planificación Protésica: en cooperación con más de 20 fabricantes de implantes; Sistema Ti-Base propio; es posible realizar restauraciones <i>chairside</i>.</p> <p>Planificación de implantes: Software Galileos; confección de guías quirúrgicas <i>chairside</i> son posibles usando Cerec Guide 2.</p>	<p>Planificación Protésica: en cooperación con más de 20 fabricantes de implantes; Sistema Ti-Base propio; es posible realizar restauraciones <i>chairside</i>.</p> <p>Planificación de implantes: Software Galileos; confección de guías quirúrgicas <i>chairside</i> son posibles usando Cerec Guide 2.</p>
---------------	-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar una revisión de la literatura para evaluar la evidencia científica existente respecto a los posibles beneficios y precisión de la técnica de impresión digital frente a las técnicas de impresión convencionales en la confección de prótesis dentales fijas sobre implantes y dientes naturales.

Objetivos Específicos:

- 1- Evaluar el ajuste marginal de coronas dentales fijas cerámicas libres de metal, fabricadas mediante tecnología CAD/CAM, en base a una impresión digital respecto a aquellas obtenidas por técnicas de impresión convencional.
- 2- Evaluar el ajuste interno de coronas dentales fijas cerámicas libres de metal, fabricadas mediante tecnología CAD/CAM, en base a una impresión digital respecto a aquellas obtenidas por técnicas de impresión convencional.
- 3- Evaluar si la eficiencia en el tiempo de las impresiones digitales es superior a las impresiones convencionales al realizar coronas dentales fijas cerámicas libres de metal, mediante tecnología CAD/CAM.

IV. METODOLOGÍA Y MATERIALES

En la actualidad, es difícil realizar una revisión sistemática completa acerca de scanner intraoral, debido a que a la fecha, no existe un número suficiente de ensayos clínicos controlados aleatorios publicados respecto al uso clínico de estos dispositivos. Además se deben considerar las numerosas aplicaciones clínicas posibles y elementos tecnológicos relacionados al uso de los scanners intraorales.

Autores que trataron de abordar este tema sistemáticamente (Chochlidakis y cols., 2016; Ahlholm y cols., 2016; Goraccy y cols., 2016, Tsirogiannis y cols., 2016), debieron enfocarse en aplicaciones clínicas específicas de los scanners intraorales y/o tuvieron dificultades para encontrar suficientes ensayos controlados aleatorios para incluir en sus revisiones sistemáticas. Por estas razones, es que se decidió realizar una revisión de la literatura disponible.

La exploración bibliográfica se realizó aplicando la estrategia de búsqueda PICO (Population, Intervention, Comparison and Outcome) e incluyó una búsqueda electrónica de publicaciones electrónicas entre enero del 2008 hasta enero del 2018.

Las bases de datos electrónicas utilizadas para realizar esta revisión fueron COCHRANE LIBRARY (<http://onlinelibrary.wiley.com/cochranelibrary/search/>) y PUBMED MEDLINE de la U.S. National Library of Medicine (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).

Los términos de búsqueda utilizados, fueron una combinación de términos MeSH ("Medical Subject Headings") apropiados, y de palabras clave libres, las cuales se agruparon en la estrategia PICO (Tabla VIII).

Population
<ul style="list-style-type: none"> • Crown OR Dental Crown OR Tooth Crown OR Dental Prosthesis OR Sigle Crown OR Single Unit OR Fixed Prosthesis OR Fixed Restoration OR Fixed Prosthodontics OR Fixed Dental Prosthesis OR FDP OR Tooth Reconstruction
Intervention
<ul style="list-style-type: none"> • Digital Impression OR Optical Impression OR Digital Scanner OR Oral Scanner OR Intraoral Scanner OR In Mouth Scanner OR Optical Scanner OR Dental scanner
Comparison
<ul style="list-style-type: none"> • Impresion Technique OR Conventional Impression OR Silicon Impression Material OR Polyether Impression Material OR Elastomer Impression Material
Outcome
<ul style="list-style-type: none"> • Fit OR Precision OR Precision of Fit OR Passive Fit OR Marginal Fit OR Internal Fit OR Marginal Gap OR Internal Gap OR Marginal Adaptation OR Internal Adaptation OR Marginal Accuracy OR Internal Accuracy OR Marginal Integration OR Internal Integration OR Marginal Discrepancy OR Internal Discrepancy OR Marginal Precision OR Internal Precision OR Accuracy OR Trueness OR Reliability OR Time OR Effectiveness OR Time Efficiency OR Efficiency OR Operating Time

Tabla VIII: Estrategia de Búsqueda PICO (MeSH y palabras claves)

IV.1 Criterios de Inclusión

De forma adicional a los criterios de “MeSH” y palabras claves, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión.

- Los estudios debían estar publicados en inglés o español.
- Estudios publicados en revistas científicas
- Al menos cinco restauraciones unitarias cerámicas debían haber sido fabricadas y examinadas sobre dientes naturales o implantes en cada estudio.
 - Se aceptaron todos los estudios de tipo: Revisiones Sistemáticas y metaanálisis; experimentales *in vivo*, y observacionales.
 - Los detalles con respecto a los métodos de impresión utilizados debían estar descritos.
 - El título de la publicación debía estar relacionado a los objetivos de la investigación.
 - Se aceptaron sólo estudios en los que las restauraciones cerámicas hubiesen sido confeccionadas mediante sistema CAD/CAM

IV.2 Criterios de Exclusión

- Estudios realizados en animales
- Estudios con falta de datos, o autores que aclaren los datos.

IV.3 Estrategia de Búsqueda

Al realizar la búsqueda inicial, teniendo en consideración criterios de inclusión y exclusión, la revisión inicial en las bases de datos fue de 125 artículos en MEDLINE (PubMed) y de 10 artículos en Cochrane Library.

De los 135 artículos obtenidos, se realizó cruzamiento de información entre ambas bases de datos, lo que determinó una duplicidad de 7 artículos, por lo tanto el número de investigaciones a revisar fue de 128 publicaciones.

De los 128 artículos obtenidos, se procedió a realizar una evaluación de los títulos y resúmenes de cada investigación, aplicando criterios de inclusión, por dos evaluadores, de forma independiente, para luego contrastar las búsquedas obtenidas y comparar resultados. En caso de discrepancias referente a la inclusión o exclusión de un artículo, se le solicitó a un evaluador externo a la investigación, determinar si el artículo examinado debía ser sumado o no a la revisión.

Resueltas las diferencias, y descontadas las duplicidades de artículos escogidos entre ambos investigadores, la cantidad final de artículos seleccionados se redujo a 13 publicaciones. Dentro de las 13 publicaciones finalmente seleccionadas, 4 son ensayos

clínicos aleatorios controlados, 2 son revisiones sistemáticas y meta-análisis y 7 son ensayos clínicos.

De los 13 artículos seleccionados: 5 hacen referencia a la eficiencia en el tiempo y 8 al ajuste marginal e interno de las coronas de cerámica.

IV.4 Conceptos Operacionales

Para los objetivos de este estudio se definieron los siguientes conceptos:

1. **Ajuste:** relación geométrica a lo largo de la superficie interna y margen de la pieza fundida (o maquinada) y el diente (Holmes y cols., 1989).
2. **Ajuste Marginal:** medición perpendicular desde la superficie interna de la prótesis a la pared del margen de la preparación (Holmes y cols., 1989). Es decir, distancia entre el margen de la corona y la línea de terminación de la preparación.
3. **Ajuste Interno:** medición perpendicular desde la superficie interna de la prótesis a la pared axial de la preparación. (Holmes y cols., 1989) Es decir, distancia entre la superficie interna de la corona y la preparación.

V. RESULTADOS

Ajuste Marginal e Interno:

De las publicaciones analizadas, en relación a los objetivos planteados, todas las coronas cerámicas fabricadas mediante impresión digital lograron un mejor ajuste marginal e interno en comparación con aquellas confeccionadas mediante técnica de impresión convencional, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

No obstante, al analizar las investigaciones que si encontraron diferencias significativamente estadísticas en el ajuste marginal e interno, las diferencias fueron solo en ciertos valores medidos. En el estudio de Boeddinghaus y cols., 2015, se determinó que el único scanner que logró un ajuste marginal mejor que la técnica convencional fue TRIOS, mientras que CEREC Omnicam fué el que presento mayor desajuste en comparación a todos los scanners intraorales utilizados y la técnica de impresión convencional.

En el estudio de Pradíes y cols., 2015, todos los parámetros de ajuste marginal e interno evaluados fueron estadísticamente significativos en determinar que el ajuste fue mejor con la técnica de impresión digital. En este caso sólo se comparó con el uso de un scanner intraoral (LAVA Chairside, 3M).

Ahrberg y cols., 2016, también determinaron un mejor ajuste marginal de las coronas confeccionadas con técnica de impresión digital (LAVA Chairside, 3M), mientras que Rödiger y cols., 2016 encontraron que la principal diferencia de ajuste ocurrió en nivel del chamfer, más que en las áreas internas (zonas oclusales, paredes axiales).

Existe discrepancia entre la forma en que el ajuste marginal e interno fue evaluado en las investigaciones, por lo general todos los estudios analizados definen la forma de registrar clínicamente el ajuste mediante el uso de la *técnica de réplica*, descrita por Karlsson en 1993 y por Böning en 2000 (Boeddinghaus y cols., 2015), la cual consiste en crear réplicas de las coronas o de las cofias, las cuales son "cementadas" intraoralmente con siliconas por adición de muy baja viscosidad. Luego estas cofias son removidas de las preparaciones dentarias y se les aplica una nueva capa de silicona por adición liviana o resinas acrílicas, con el objetivo de estabilizar el material adherido a la superficie interna de la cofia. Una vez polimerizado esta segunda capa de estabilización, se realizan cortes a la réplica, con bisturí, en sentido mesiodistal y vestibulolingual, para analizar el espacio o gap existente entre la superficie interna de la corona o cofia y la superficie dentaria.

Sólo un estudio clínico de los analizados, utilizó otra técnica clínica para determinar el ajuste marginal de las coronas (Gjelvold y cols., 2016), donde se utilizó una sonda con diámetro de punta definidos de 150 μm .

Un resultado interesante de incluir, es el obtenido Chochlidakis y cols., 2016, quienes determinaron que si bien no existen diferencias significativas en el ajuste marginal e interno de las coronas confeccionadas por impresión digital o convencional, si existen diferencias en el ajuste marginal obtenido entre las coronas de cerámica y zirconio fabricadas mediante ambas técnicas de impresión, donde las coronas de cerámica presentan un menor ajuste que las de zirconio.

Eficacia en el tiempo:

En cuanto al tiempo, los estudios en su mayoría dan como resultado una eficiencia en el tiempo de toma de impresiones ópticas o digitales, en comparación al tiempo utilizado para las impresiones convencionales, dando una diferencia de tiempo ahorrado entre 3 a 5 minutos aproximadamente.

Es importante destacar que tanto Wismeijer y cols., 2013 como Benic y cols., 2016 fueron evaluados por medio de encuestas, la percepción de el tiempo de cada uno de los procedimientos, éstos arrojaron resultados favorables para las impresiones convencionales donde Benic y cols., 2016 indica que la mayoría de los pacientes sienten y comprueban mediante la contabilidad del tiempo que éste fue igual incluso, mayor en la digital con respecto a la técnica convencional, sobre todo con los dispositivos que necesitaban de la aplicación de polvo dentro de su procedimiento clínico. También observaron que la probabilidad de necesitar repetición es mayor en las impresiones digitales con respecto a las convencionales. Así también Wismeijer y cols., 2013, donde a pesar que todos los pacientes tuvieron preferencia por el procedimiento digital en cuanto a la preparación, registro de mordida, cubeta, reflejo nauseoso, y sabor, cuando se les consulta la preferencia en cuanto al tiempo involucrado fue favorecida la impresión convencional.

En contraste a los dos estudios anteriores, Joda y Brägger, 2015., con tres preguntas adicionales compararon directamente la satisfacción de los pacientes con respecto a la conveniencia, la velocidad y, en general, la preferencia metodológica para ambos flujos de trabajo. De nuevo, el análisis demostró puntuaciones medias de satisfacción con una tendencia que favorecía el protocolo digital. Todos los pacientes habrían seleccionado el flujo de trabajo digital en caso de necesitar futuros tratamientos protésicos. El análisis del tiempo de trabajo para los procedimientos de impresión de implantes digitales y convencionales reveló un tiempo de silla medio significativamente reducido para el flujo de trabajo digital de 14.8 min en comparación con el enfoque convencional con 17.9 min.

Gjelvod y cols., 2014, determinaron que la diferencia en los tiempos medios totales del procedimiento fue estadísticamente significativa, resultando en una diferencia aproximada de 4 minutos de diferencia entre la impresión digital con respecto a la convencional a favor la convencional. Sin tener diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de preparación entre las técnicas. De acuerdo con los

resultados de este estudio, la técnica de impresión digital está convirtiéndose cada vez más y más conveniente para el odontólogo y para los pacientes.

Igualmente Ahrberg y cols., 2016, en su estudio registraron que el tiempo para un escaneado de cuadrante para coronas individuales con Lava C.O.S. era de 10 min 21s, mientras que para una exploración de arco completo para prótesis fija de tres unidades, se requirió un tiempo medio de 15 min 27, en comparación con 15 min 33s y 17 min 07s, respectivamente, para una impresión convencional. Por lo tanto, el tiempo total de trabajo para el cuadrante y las exploraciones de arco completo fue de 5 min 6s y 1 min 34s menos, respectivamente, en comparación con las impresiones convencionales.

VI. DISCUSIÓN

Uno de los propósitos de la presente revisión fue evaluar la literatura publicada respecto al ajuste marginal e interno de las restauraciones dentales fijas fabricadas con técnicas de impresión digital y convencional para determinar el efecto de diferentes variables en la precisión del resultado.

Un parámetro importante para el éxito clínico es el ajuste de una restauración. Cuanto mayor es la discrepancia marginal, más rápida es la velocidad de disolución del cemento y mayor es el riesgo de lesión bacteriana, lo que causa inflamación y necrosis pulpar.

Las coronas dentales fabricadas con la técnica de impresión digital presentaron discrepancias marginales e internas por lo general menores, pero no estadísticamente significativas que las fabricadas con la técnica de impresión convencional (Tsirogiannis y cols., 2016; Berrendero y cols., 2015; Sakornwimon y cols., 2017), sin embargo, los estudios de Pradés y cols., 2015 y Ahrberg y cols., 2016, discrepan con esta afirmación ya que ellos concluyen que si se obtienen mejores resultados en el ajuste marginal e interno al utilizar el flujo digital completo (impresión y fabricación digital).

En general, cuando se analizan los valores observados, las discrepancias indicadas no eran clínicamente importantes. Los valores medios generales del ajuste marginal se mantuvieron por debajo del umbral de 120 μm de aceptabilidad clínica propuesto por McLean y von Fraunhofer en 1971 (Tsirogiannis y cols., 2016).

Según Chochlidakis y cols., 2016, los modelos digitales producen restauraciones con discrepancias marginales menores y espacios internos significativamente más pequeños que los modelos de SLA/poliuretano, por lo tanto existirían ventajas potenciales en el flujo de trabajo digital completo por sobre el convencional. De hecho, Syrek y cols., 2010, concluyeron que ambas técnicas de impresión resultaron en un ajuste clínicamente aceptable, pero que las coronas individuales de zirconia fabricadas a partir de una impresión digital tenían un mejor ajuste que las de las impresiones convencionales. Además, los contactos interproximales y las discrepancias marginales fueron mejores para el grupo digital que para el grupo convencional.

Se debe tener en consideración, que también existen muchos factores clínicos, además del material de impresión y la técnica, que pueden influir en la calidad de una impresión como la ubicación de la línea de terminación, la salud periodontal, el sangrado del surco gingival durante la impresión, la presencia de saliva o la comodidad del paciente (Pradés y cols., 2015). Además, si la impresión se realiza por medio de un escáner intraoral, la accesibilidad de la preparación para la cámara del escáner se vuelve crítica para el éxito de la impresión. La accesibilidad puede limitarse especialmente en la región retro molar de pacientes con apertura limitada o una rama ascendente de la mandíbula situada cerca de la superficie bucal del último molar (Berrendero, 2015). Aunque estos factores también afectan las impresiones

convencionales, existe una diferencia decisiva entre los sistemas de escaneo y la técnica convencional: todos los sistemas digitales permiten un mejor control de la impresión digital a través de la gran ampliación de los dientes escaneados en el pantalla y ofrecen la posibilidad de volver a escanear áreas insuficientemente reproducidas. Esto puede explicar que la diferencia en la precisión lograda entre los estudios in vitro y los estudios clínicos, lo que no ocurre al comparar las impresiones digitales con las impresiones convencionales.

En la literatura, existen pocos estudios in vivo disponibles que midan el ajuste de las coronas fabricadas mediante una impresión digital para todos los sistemas de escáner intraoral disponibles. El estudio de Boeddinghaus y cols., 2015 que utilizó el sistema TRIOS para las impresiones digitales obtuvo resultados en el ajuste marginal e interno similar al obtenido por Berrendero y cols., 2015 con el sistema True Definition (3M) y al de Pradíes y cols., 2015 con el sistema LAVA. En cambio estos resultados discrepan con lo obtenido por los otros estudios analizados, por lo que sería interesante diseñar una línea investigativa que permitiera comparar los ajustes marginales e internos entre varios tipos de escáneres intraorales, que tengan diferentes principios de funcionamiento.

En cambio, existe mayor información publicada respecto a el ajuste marginal e interno en estudios in vitro, donde por lo general se reporta un mayor ajuste marginal e interno que los estudios in vivo (Nedelcu y cols. 2018). Estas diferencias en el ajuste se deben a que in vitro no influyen factores clínicos como la saliva, la sangre y los movimientos del paciente (Boeddinghaus y cols., 2015).

Entre los sistemas de impresión digital intraoral existentes, CEREC, LAVA, E4D, iTERO y TRIOS son los más utilizados en la práctica clínica y los más estudiados en las publicaciones revisadas. Aunque tienen grandes diferencias en su principio de funcionamiento, y algunos de ellos requieren agentes de recubrimiento adicionales para la captura de datos (LAVA COS, CEREC Bluecam), todos funcionan dentro del rango clínico aceptable (Nedelcu y cols., 2014).

Entre los posibles flujos de trabajo digitales y métodos de digitalización, el escaneo intraoral directo parece proporcionar los resultados más precisos (Tsirogiannis y cols., 2016).

En las publicaciones existentes, en términos de longevidad de las restauraciones, tanto el flujo de trabajo digital como el convencional proporcionan resultados casi iguales (Wittneben y cols., 2009), por lo tanto si se analizan estos resultados, en combinación con los hallazgos de esta revisión, se sugiere que el flujo de trabajo digital no sólo excede los estándares de aceptabilidad clínica, sino que se desempeña por igual a las impresiones de elastómeros convencionales.

También dentro de la investigación se pretendía evaluar si la eficiencia en el tiempo utilizado para realizar el procedimiento de las impresiones digitales es superior a las impresiones convencionales al realizar coronas dentales fijas.

Si tomamos en cuenta que los medios digitales se han convertido en parte importante de la vida social actual (Schöenbaum, 2012; Van der Zande y cols., 2013). En el desarrollo técnico de la medicina dental digital también ha abierto nuevas oportunidades para los tratamientos (Fasbinder, 2010). El proceso de fabricación protésica del implante que comienza con IOS, seguido del diseño virtual y la construcción incluso sin ningún modelo físico, se puede simplificar técnicamente dentro del flujo de trabajo digital completo (Patel, 2010).

Las nuevas tecnologías pueden no solo brindar posibilidades avanzadas de rehabilitación protésica, sino también cambiar la actitud de los pacientes debido a esta tendencia de digitalización (Schöenbaum, 2012). Los pacientes están acostumbrados a las herramientas digitales de su vida cotidiana, como teléfonos inteligentes y tabletas, y están bien informados sobre las diversas oportunidades técnicas que utilizan las plataformas en línea relacionadas con la atención médica. Por lo tanto, la mentalidad de los pacientes sobre las terapias odontológicas ha cambiado continuamente en los últimos años (Pömmmer y cols., 2011; van der Zande y cols., 2013) Y no solo la terapia ante implantes, sino ante la aplicación de tecnologías en cada procedimiento odontológico (impresiones ópticas, por ejemplo) por esta razón, no nos sorprende que la percepción del tiempo de trabajo en las impresiones digital sea favorecida por el paciente en la mayoría de los casos.

El protocolo de impresión digital ofrece la posibilidad de estandarizar el flujo de trabajo mediante las impresiones ópticas de solo el cuadrante del área de la preparación, así como el arco opuesto, incluido el registro oclusal dentro de un enfoque operativo (Joda y Bräegger, 2015). Esta capacidad reduce el tiempo de preparación y el flujo de trabajo en comparación con el procedimiento convencional de toma de impresiones con adaptación de la cubeta, en caso de impresión abierta (en el caso de impresiones a implantes), adicional al uso de diferentes materiales para la transferencia de la posición de los implantes, captura del arco opuesto y registro oclusal dentro de los pasos de tratamiento secuenciales. Esto también involucra una ganancia en el tiempo del procedimiento.

Los nuevos protocolos de tratamiento deben ser entrenados con anticipación. Además, las curvas de aprendizaje también deben tenerse en cuenta al implementar flujos digitales en la rutina diaria. El uso correcto es un requisito previo y crucial para el éxito de la terapia en general y, finalmente, para la satisfacción del paciente. Esto incluye igualmente al dentista, la asistencia dental y el técnico (Joda y Bräegger, 2015). Por lo que el rendimiento de las impresiones digitales y convencionales depende en gran medida de la experiencia de los operadores.

Es por eso que, a pesar, de que Benic y cols., 2016, determinan que el tiempo utilizado para impresiones convencionales fue más eficiente en comparación al de las impresiones digitales, se puede resaltar el hecho de que el clínico fue entrenado previo al estudio, en comparación de los entrenamientos en los estudios de Gjølvd y cols., 2014, donde especifica los años de experiencia del clínico y que el entrenamiento fue el

suficiente hasta lograr su comodidad, variable que tiene mucha relevancia para mejorar el tiempo del procedimiento.

Lee y Galluci, 2013, evaluaron la eficiencia de ambos métodos de impresión para un solo implante, resultando en una diferencia significativa de más de 12min en beneficio de las impresiones digitales. Es interesante observar que en dicho estudio, los estudiantes de odontología de segundo año sin experiencia en impresiones de implantes convencionales o digitales juzgaron que el nivel de dificultad era significativamente más bajo para las impresiones digitales frente a las convencionales. Esto sugiere que la curva de aprendizaje para esta generación en la toma de impresiones digitales se puede reducir en comparación con las impresiones convencionales.

Los resultados de los estudios antes mencionados están de acuerdo con los encontrados por Ahrberg y cols., 2016, concluyen que un flujo de trabajo digital podría ser beneficioso para establecer un flujo de trabajo eficiente para el odontólogo, el cual sigue dependiendo significativamente del sistema utilizado, la tecnología del escáner intraoral, si se está realizando un cuadrante o un escaneo de arco completo y de la preparación del clínico. Concluyendo que las impresiones asistidas por computadora pueden ser más eficientes en el tiempo para escaneos de cuadrantes y escaneos de arco completo en comparación con las impresiones convencionales.

Es importante destacar que los estudios comprueban que la mayor ganancia de tiempo se puede lograr después, de la toma de impresión digital en sí, es decir, durante todos los pasos posteriores. Ya que, con impresiones digitales, no hay necesidad de verter preparaciones para obtener modelos físicos de yeso; es posible enviar por correo electrónico los modelos virtuales en 3D (archivos patentados o STL) del paciente directamente al laboratorio dental sin la necesidad de entregar nada a través del servicio de mensajería o correo. Esto permite ahorrar una cantidad considerable de tiempo y dinero durante el año laboral.

Para las clínicas dentales equipadas para diseñar y fabricar restauraciones protésicas, los archivos capturados durante las impresiones digitales se pueden importar al software de diseño asistido por computadora (CAD); una vez que el diseño de restauración esté finalizado, los archivos pueden transferirse al software de fabricación computacional (CAM) y colocarse en la fresadora. Las restauraciones (en diferentes materiales) así obtenidas se caracterizarán y estarán listas para la aplicación clínica en mucho menos tiempo.

A la luz de toda la información analizada, y entendiendo que día a día la tecnología avanza de forma acelerada, es que se requieren realizar más estudios, in vivo que permitan establecer al flujo digital completo como el gold estándar de la toma de impresiones tanto para prótesis fija como implantología.

VII. CONCLUSIONES

- Las coronas cerámicas fabricadas mediante impresión digital lograron un mejor ajuste marginal e interno que aquellas confeccionadas mediante técnica de impresión convencional, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.
- Existen factores clínicos que pueden influir en la calidad de una impresión como la ubicación de la línea de terminación, la salud periodontal, el sangrado del surco gingival durante la impresión, la presencia de saliva o la comodidad del paciente. Así como también depende del sistema de impresión que se utilice o el método del sistema de escaneo.
- La toma de impresión digital logra una eficiencia en el tiempo, en comparación al tiempo utilizado para las impresiones convencionales, dando una diferencia de tiempo ahorrado entre 3 a 5 minutos aproximadamente, lo cual se hace más significativo cuando se usa el flujo digital completo en contraste al flujo convencional.
- El flujo digital fue significativamente más aceptado, tanto por el clínico como por el paciente, en cuanto a preferencias y eficacia en el tiempo para la toma de impresiones digitales en comparación a las convencionales.
- La experiencia y habilidades del clínico en cuanto al uso de los dispositivos de impresión digital es clave para mejorar el tiempo de los procedimientos.

VIII. SUGERENCIAS

Existen pocos estudios in vivo disponibles que midan objetivamente el ajuste o el tiempo del procedimiento de las coronas fabricadas mediante una impresión digital para todos los sistemas de escáner intraoral disponibles, por lo que sería interesante diseñar una línea investigativa que permitiera comparar el tiempo y los ajustes marginales e internos entre varios tipos de escáneres intraorales, que tengan diferentes principios de funcionamiento.

Al evaluar el tiempo se determinó que la mayor ganancia se obtiene en el flujo de trabajo total en general y no solo en el procedimiento de toma de impresión por lo que se sugiere también medir el flujo de trabajo digital total y compararlo con el flujo de trabajo convencional.

IX. RESUMEN

Objetivos:

Evaluar el ajuste marginal e interno de coronas dentales fijas cerámicas libres de metal, fabricadas mediante tecnología CAD/CAM, en base a una impresión digital respecto a aquellas obtenidas por técnicas de impresión convencional.

Evaluar si la eficiencia en el tiempo de las impresiones digitales es superior a las impresiones convencionales al realizar coronas dentales fijas cerámicas libres de metal, mediante tecnología CAD/CAM.

Metodología:

En la actualidad, es difícil realizar una revisión sistemática completa acerca de scanner intraoral, por un número insuficiente de ensayos clínicos controlados aleatorios publicados respecto al uso clínico de estos dispositivos. Por lo tanto se realizó una revisión bibliográfica través de las bases de datos electrónicas: COCHRANE LIBRARY y PUBMED MEDLINE, aplicando la estrategia de búsqueda PICO (Population, Intervention, Comparison and Outcome), las fechas de búsqueda fueron entre enero del 2008 hasta enero del 2018. Los términos de búsqueda utilizados, fueron una combinación de términos MeSH ("Medical Subject Headings") apropiados, y de palabras clave libres, las cuales se agruparon en la estrategia PICO. Tomando en consideración ciertos criterios de inclusión y exclusión.

Resultados:

Se seleccionaron 13 publicaciones: 4 son ensayos clínicos aleatorios controlados, 2 son revisiones sistemáticas y meta-análisis y 7 son ensayos clínicos. De los cuales 5 hacen referencia a la eficiencia en el tiempo y 8 al ajuste marginal e interno.

Conclusiones:

Las coronas cerámicas fabricadas mediante impresión digital lograron un mejor ajuste marginal e interno que aquellas confeccionadas mediante técnica de impresión convencional, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

La toma de impresión digital logra una eficiencia en el tiempo, en comparación al tiempo utilizado para las impresiones convencionales, dando una diferencia de tiempo ahorrado entre 3 a 5 minutos aproximadamente, lo cual se hace más significativo cuando se usa el flujo digital completo en contraste al flujo convencional.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M. and Kotiranta, U. (2018), Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 27: 35–41. doi:10.1111/jopr.12527

Ahrberg D, Lauer CL, Ahrberg M, Weigl P (2015) Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. doi:10.1007/s00784-015-1504-6 [Epub ahead of print]

Aragón, M, Pontes, LF, Bichara, L, Flores-Mir, C; Normando, D; Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review, *European Journal of Orthodontics*, Volume 38, Issue 4, 1 August 2016, Pages 429–434, <https://doi.org/10.1093/ejo/cjw033>

Benic, G., Mühlemann, S., Fehmer, V., Hämmerle, C. and Sailer, I. (2016). Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part I: digital versus conventional unilateral impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(5), pp.777-782.

Berrendero, S., Salido, M., Valverde, A., Ferreiroa, A. and Pradíes, G. (2016). Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clinical Oral Investigations*, 20(9), pp.2403-2410.

Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA (2009) Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Invest* 13: 34–39

Beuer, J. Schweiger, D. Edelhoff. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*. 2008 May 10; 204(9): 505–511. doi: 10.1038/sj.bdj.2008.350

Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B (2015) Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Invest* 19(8): 2027–2034

Böning KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kastner K, Walter MH (2000) Clinical fit of procera all ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 84(4):419–424

Chochlidakis, K., Papaspyridakos, P., Geminiani, A., Chen, C., Feng, I. and Ercoli, C. (2016). Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), pp.184-190.e12.

Davidowitz, G. and Kotick, P. (2011). The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), pp.559-570.

Ender, A; Attin, T; Mehl, A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Volume 115, Issue 3, 2016, pages 313-320, ISSN 0022-3913, <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.09.011>.

Fasbinder, DJ. "Computerized technology for restorative dentistry," *American Journal of Dentistry*, vol.26, no.3, pp.115–120, 2013.

Giménez, B, Özcan, M, Martínez-Rus, F; Pradíes, G. "Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant

angulation, and depth,” *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Supplement 1, pp. e54–e64, 2015.

Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J (2015) Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. *J Prosthodont*. doi:10.1111/jopr.12410

Hamalian, T., Nasr, E. and Chidiac, J. (2011). Impression Materials in Fixed Prosthodontics: Influence of Choice on Clinical Procedure. *Journal of Prosthodontics*, 20(2), pp.153-160.

Holmes J. Robert, Bayne Stephen C., Holland Gene A., Sulik William D. (1989) Considerations in measurement of marginal fit. *Journal Phrostheth Dent* 1989;62:405-8.

Imburgia, M., Logozzo, S., Hauschild, U., Veronesi, G., Mangano, C., & Mangano, F. G. (2017). Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 17, 92. <http://doi.org/10.1186/s12903-017-0383-4>

Joda, T. and Brägger, U. (2015). Time-Efficiency Analysis Comparing Digital and Conventional Workflows for Implant Crowns: A Prospective Clinical Crossover Trial. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(5), pp.1047-1053.

Joda, Tim, Fernando Zarone, and Marco Ferrari. “The Complete Digital Workflow in Fixed Prosthodontics: A Systematic Review.” *BMC Oral Health* 17 (2017): 124. PMC. Web. 14 Mar. 2018.

Kamimura, E., Tanaka, S., Takaba, M., Tachi, K., & Baba, K. (2017). In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. *PLoS ONE*, 12(6), e0179188. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0179188>

Law, K. (2014). Definitions for Hydrophilicity, Hydrophobicity, and Superhydrophobicity: Getting the Basics Right. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 5(4), pp.686-688.

Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clinical Oral Implants Research* 2012;22:111–5.

Logozzo S, Zannetti EM, Franceschini G (2014) Recent advances in dental optics. Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng* 54:203–221

Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17, 149. <http://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>

McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.

Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S. And Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 28(1), pp.44-56.

Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., & Thor, A. (2018). Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health*, 18, 27. <http://doi.org/10.1186/s12903-018-0489-3>

Patzelt, S., Lamprinos, C., Stampf, S. and Att, W. (2014). The time efficiency of intraoral scanners. *The Journal of the American Dental Association*, 145(6), pp.542-551.

Pradíes G, Zarauz C, Valverde A, Ferreiroa A, Martínez-Rus F (2015) Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *J Dent Feb* 43:201–208

Punj, A., Bompolaki, D. and Garaicoa, J. (2017). Dental Impression Materials and Techniques. *Dental Clinics of North America*, 61(4), pp.779-796.

Rödiger, M., Heinitz, A., Bürgers, R. and Rinke, S. (2016). Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions—a clinical comparative study. *Clinical Oral Investigations*, 21(2), pp.579-587.

Sakornwimon, N. and Leevailoj, C. (2017). Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(3), pp.386-391.

Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B (2013) Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 17(7):1759–1764

Su TS, Sun J (2015) Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: an in vitro study. *J Prosthodont Res* 59:236–242

Su, T. and Sun, J. (2016). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), pp.362-367.

Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J (2010) Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 38(7):553–559

Taneva, E., Kusnoto, B, Evans, CA. "3D scanning, imaging, and printing in orthodontics," Chapter 9 Issues in Contemporary Orthodontics, pp. 147–188, 2015.

Ting-Shu S, Jian S (2015) Intraoral digital impression technique: a review. *J Prosthodont* 24:313–321

Ting-shu, S. and Jian, S. (2014). Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 24(4), pp.313-321.

Tordiglione, L., De Franco, M. and Bosetti, G. (2016). The Prosthetic Workflow in the Digital Era. *International Journal of Dentistry*, 2016, pp.1-7.

Tsirogiannis P, Reissmann D., Heydecke G. Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Volume 116, Issue 3, 2016, Pages 328-335.e2,ISSN0022-3913, <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.028>

Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y (2012) Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One* 7(8):0043312 volume 55, Issue 3, 2011, Pages 559-570, ISSN 0011-8532.

Wettstein F, Sailer I, Roos M, Hämmerle CH (2008) Clinical study of the internal gaps of zirconia and metal frameworks for fixed partial dentures. *Eur J Oral Sci* 116(3):272–279

Wismeijer D, Mans R, Van Genuchten M, Reijers HA (2014) Patients' preferences when comparing analogue implant impressions using a polyether impression material versus digital impressions (intraoral scan) of dental implants. *Clin Oral Impl Res* 25: 1113–1118

Wismeijer, D., Mans, R., van Genuchten, M. and Reijers, H. (2013). Patients' preferences when comparing analogue implant impressions using a polyether impression material versus digital impressions (Intraoral Scan) of dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 25(10), pp.1113-1118.

Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H (2014) Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health* 14

Zarauz C, Valverde A, Martinez-Rus F, Hassan B, Pradies G (2015) Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clin Oral Investig*. doi:10.1007/s00784-015-1590-5

Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S (2015) Intraoral scanning systems—a current overview. *Int J Comput Dent* 18:101– 129.